



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**CARACTERIZACION DE GRUPOS FUNCIONALES DE PLANTAS LEÑOSAS Y SU  
RELACION CON FACTORES AMBIENTALES, EN BOSQUES ANDINOS, DE LA  
RESERVA DE LA BIOSFERA DEL MACIZO DEL CAJAS.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Agrónomo

**Autores:**

Ana María Criollo Bravo

CI: 0107187254

anamariana95@hotmail.com

José Luis Criollo Niveló

CI: 0106852700

criollo.skpunk@gmail.com

**Director:**

Ing. Ángel Oswaldo Jadán Maza M. Sc

CI: 1103298061

**Cuenca, Ecuador.**

24-11- 2021



## **Resumen:**

En este estudio se generó información sobre los grupos funcionales obtenidos a través de rasgos funcionales de características morfológicas en la vegetación leñosa en bosques maduros dentro de la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. Se instalaron 20 parcelas en dos tipos de bosques; Bosque pie montano (Iberia-Azuay) y Bosque montano bajo (San Antonio de Chaucha-Azuay). Metodológicamente, se realizó la identificación de grupos funcionales de especies, según cinco rasgos funcionales: Área foliar específica (AFE), área foliar (AF), grosor foliar (GF), densidad de la madera (DM), materia seca (MS). Mediante un análisis de clasificación multivariado y según la similitud de los rasgos las especies se agruparon en tres grupos funcionales. Se registraron 259 especies vegetales; de estas 160 se agruparon en el conglomerado 1 o conservacionistas, 36 especies en el conglomerado 2 o mixtas y 63 especies en el tercer conglomerado o adquisitivas. Para establecer relaciones entre variables de respuesta los 10 rasgos funcionales, adicionando a la altura del pecho (DAP) a 1,3 m del suelo y altura total, altura máxima (HMax), altura dominante, altura comercial (HC) con las variables predictoras topográficas, climáticas y edáficas se realizó un análisis de selección utilizando la función find Correlation, R en el paquete estadístico infostat de donde se eliminó las variables correlacionadas con  $r \geq 0.8$ , con las variables seleccionadas se aplicó modelo lineal general mixto (MLGM) en la herramienta estadística Backward. En las correlaciones que resultaron significativas y con un coeficiente de determinación  $\leq 0.5$  se realizaron cuadros de dispersión. Un total de 22 correlaciones significativas, donde la altura el DAP y la HMax mostraron valores altos. Se concluyó que las variables de precipitación, C y N presentes en el suelo fueron un factor importante en la variación de los rasgos funcionales.

**Palabras clave:** Grupos funcionales. Rasgos funcionales. Nitrógeno. Carbono. Altura.

**Abstract:**

In the present study, information was generated on the functional groups obtained through functional traits of morphological characteristics in woody vegetation in mature forests within the Macizo del Cajas Biosphere Reserve. Here 20 plots were installed in two altitudinal floors Montane forest (Iberia-Azuay) and Lower montane forest (San Antonio de Chaucha-Azuay) Methodologically, the identification of functional groups of species was carried out, according to five functional traits: Specific leaf area (AFE), leaf area (AF), leaf thickness (GF), wood density (DM), dry matter (DM). By means of a multivariate classification analysis and according to the similarity of the traits, the species were grouped into three functional groups. 259 plant species were registered; of these 160 were grouped in cluster 1 or conservationists, 36 species in cluster 2 or mixed and 63 species in the third cluster or acquisitive. To establish relationships between response variables the 10 functional traits, adding chest height (DBH) at 1.3 m from the ground and total height, maximum height (HMax), dominant height, commercial height (HC) with the topographic, climatic and edaphic predictor variables, a selection analysis was carried out using the find Correlation function of the Caret de R package where the variables correlated with  $r \geq 0.8$  were eliminated, with the selected variables applied a mixed general linear model (MLGM) using the Backward statistical tool. From the correlations that were significant and with a determination coefficient  $\leq 0.5$ , scatter charts were made. A total of 22 significant correlations were found, where the height, the DAP and the HMax showed higher values in the correlations. It was concluded that the variables of precipitation, C and N present in the soil were an important factor in the variation of functional traits.

**Keywords:** Functional groups. Functional traits. Nitrogen. Carbon. Height.



## TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE TABLAS .....	5
LISTA DE FIGURAS .....	5
LISTA DE ANEXOS .....	6
AGRADECIMIENTOS.....	13
DEDICATORIA.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. OBJETIVOS .....	17
2.1 Objetivo Principal .....	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3. HIPÓTESIS .....	17
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	19
4.1 Bosque pie montano .....	19
4.2 Bosque montano bajo .....	19
4.3 Rasgos Funcionales .....	20
4.4 Grupos funcionales de especies.....	21
4.5 Rasgos funcionales y su relación con el funcionamiento de las plantas .....	22
4.6 Rasgos funcionales con relación al clima .....	24
5. MATERIALES Y METODOS.....	26
5.1 Ubicación y descripción del área de Estudio .....	26
5.2 Materiales y Equipos .....	27
5.3 Establecimiento de parcelas y muestreo de campo .....	27
5.4 Rasgos funcionales (Metodología primer objetivo específico).....	28
5.5 Análisis de variables ambientales de topografía, clima y suelos (Metodología segundo objetivo específico) .....	30
5.6 Relación de rasgos funcionales con las variables de clima y suelo (Metodología tercer objetivo específico).....	32
6. RESULTADOS .....	33
6.1 Identificación de grupos funcionales (primer objetivo específico).....	33
6.2 Descripción de variables ambientales de topografía, clima y de suelos (Segundo objetivo específico) .....	37
6.3 Relaciones entre rasgos funcionales con las variables climáticas y edáficas (Tercer objetivo específico).....	41
7. DISCUSIÓN.....	48
7.1 “Grupos funcionales en base a sus rasgos funcionales o características morfológicas” .....	48



7.2 “Rasgos funcionales de la vegetación de bosques andinos varían con los diferentes factores del clima y el suelo” .....	49
8. CONCLUSIONES .....	51
9. BIBLIOGRAFIA .....	53
10. ANEXOS .....	57

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Ecuaciones para el cálculo de Rasgos Funcionales.....	30
<b>Tabla 2:</b> Ecuaciones para el cálculo de variables edáficas .....	31
<b>Tabla 3:</b> MANOVA entre grupos funcionales de especies identificados en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde montano bajo y Bosque siempre verde pie montano presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.....	34
<b>Tabla 4:</b> Familias y número de especies según los tres grupos funcionales registrados en dos tipos de bosques: Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.....	35
<b>Tabla 5:</b> Prueba t y medias de los rasgos funcionales registrados en dos tipos de bosques: Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. ....	37
<b>Tabla 6:</b> <i>Estadística descriptiva de variables predictoras, sus valores medios, desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV) obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, dentro de la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.</i> ....	38
<b>Tabla 7:</b> <i>Estadística descriptiva de variables predictoras, sus valores medios, desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV) obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, dentro de la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas</i> .....	39
<b>Tabla 8:</b> Variables climáticas obtenidos en bosque siempre verde pie montano y bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. Mediante ANOVA ( $P < 0,05$ ).....	39
<b>Tabla 9:</b> Variables de suelo obtenidos en dos tipos de bosques; bosque siempre verde pie montano y bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. Mediante ANOVA ( $P < 0,05$ ).....	40
<b>Tabla 10:</b> Resultados de los MLGM entre las relaciones de los rasgos funcionales con datos climáticos y edáficos obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. ....	42

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación del área de estudio; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, en la Reserva de la Biosfera del Macizo del Cajas .....	28
---	----



<b>Figura 2:</b> Diseño de la parcela experimental instalada en los dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presente en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. ....	30
<b>Figura 3:</b> Grupos funcionales (adquisitivas, conservacionistas y mixtas) diferenciados mediante análisis de conglomerados a nivel de especie) obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde montano bajo y Bosque siempre verde pie montano, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. ....	33
<b>Figura 4:</b> Dispersión entre el Área foliar y la Precipitación media anual. ....	44
<b>Figura 5:</b> Dispersión entre el área foliar específica y la Precipitación media anual. ....	44
<b>Figura 6:</b> Dispersión entre el área foliar específica y la pendiente. ....	44
<b>Figura 7:</b> Dispersión entre el grosor foliar y el pH de 15-30cm. ....	44
<b>Figura 8:</b> Dispersión entre el grosor foliar y la materia orgánica de 15-30cm. ....	44
<b>Figura 9:</b> Dispersión entre el grosor foliar y el carbono de 0-15cm. ....	44
<b>Figura 10:</b> Dispersión entre el diámetro a la altura del pecho y la precipitación media anual. ....	45
<b>Figura 11:</b> Dispersión entre el diámetro a la altura del pecho y el pH de 0-15cm. ....	45
<b>Figura 12:</b> Dispersión entre el diámetro a la altura del pecho y el nitrógeno de 0-15cm. ....	45
<b>Figura 13:</b> Dispersión entre el diámetro a la altura del pecho y el carbono de 0-15 cm. ....	45
<b>Figura 14:</b> Dispersión entre la densidad de la madera y el pH de (0-15 cm). ....	45
<b>Figura 15:</b> Dispersión entre la densidad de la madera y el nitrógeno de 0-15cm. ....	45
<b>Figura 16:</b> Dispersión entre la densidad de la madera y el carbono de 0-15cm. ....	46
<b>Figura 17:</b> Dispersión entre la altura comercial y la conductividad eléctrica de 0-15cm. ....	46
<b>Figura 18:</b> Dispersión entre la altura comercial y el pH de 15-30cm. ....	46
<b>Figura 19:</b> Dispersión entre la altura dominante y la materia orgánica de 15-30cm. ....	46
<b>Figura 20:</b> Dispersión entre la altura dominante y el nitrógeno de (0-15cm). ....	46
<b>Figura 21:</b> Dispersión entre la altura dominante y el carbono de 0-15cm. ....	46
<b>Figura 22:</b> Dispersión entre la altura máxima y precipitación media anual. ....	47
<b>Figura 23:</b> Dispersión entre la altura máxima y la materia orgánica de 15-30cm. ....	47
<b>Figura 24:</b> Dispersión entre la altura máxima y el nitrógeno de (0-15cm). ....	47
<b>Figura 25:</b> Dispersión entre la altura máxima y el carbono de (0-15cm). ....	47

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Especies y familias botánicas pertenecientes a los diferentes grupos funcionales registrada, en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, dentro de la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. ....	57
<b>Anexo 2.</b> Variables fisiográficas obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. ....	68
<b>Anexo 3.</b> Rasgos funcionales obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. ....	69



<b>Anexo 4:</b> Prueba t y medias de los rasgos funcionales registrados en dos tipos de bosques: Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. ....	71
<b>Anexo 5.</b> Variables climáticas obtenidas en dos tipos de bosques, Bosque siempre verde montano bajo y Bosque siempre verde pie montano, dentro de la Biosfera del Macizo del Cajas .....	72
<b>Anexo 6.</b> Variables suelo obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas .....	74
<b>Anexo 7.</b> Resultados de los valores MLGM modelando rasgos funcionales, datos climáticos y del suelo obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. ....	76



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Ana María Criollo Bravo autor/a del trabajo de titulación **"CARACTERIZACION DE GRUPOS FUNCIONALES Y SU RELACION CON FACTORES AMBIENTALES, EN BOSQUES ANDINOS, DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DEL MACIZO DEL CAJAS"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 24 de noviembre de 2021

---

Ana María Criollo Bravo.

C.I: 0107187254





### Cláusula de Propiedad Intelectual

José Luis Criollo Niveló autor/a del trabajo de titulación **"CARACTERIZACION DE GRUPOS FUNCIONALES Y SU RELACION CON FACTORES AMBIENTALES, EN BOSQUES ANDINOS, DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DEL MACIZO DEL CAJAS"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 24 de noviembre de 2021

José Luis Criollo Niveló

C.I.: 0106852700



### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Ana María Criollo Bravo en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **"CARACTERIZACION DE GRUPOS FUNCIONALES Y SU RELACION CON FACTORES AMBIENTALES, EN BOSQUES ANDINOS, DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DEL MACIZO DEL CAJAS"**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de noviembre de 2021

Ana María Criollo Bravo

C.I: 0107187254



### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

José Luis Criollo Niveló en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **"CARACTERIZACION DE GRUPOS FUNCIONALES Y SU RELACION CON FACTORES AMBIENTALES, EN BOSQUES ANDINOS, DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DEL MACIZO DEL CAJAS"**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de noviembre de 2021

José Luis Criollo Niveló

C.I: 0106852700



## **ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA**

AF: área foliar

AFE: área foliar específica

CE: conductividad eléctrica

Da: Densidad aparente

DAP: diámetro a la altura del pecho

DM: densidad de la madera

GF: Grosor foliar

HMax: altura máxima

HD: altura dominante

HC: altura comercial

HT: altura total

MS: materia seca

PMA: precipitación media anual.

TMAXA: temperatura máxima anual

TMINA: temperatura mínima anual

TMM: temperatura media mensual

TFPs: tipos funcionales de plantas



## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos mostrar nuestra gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en el proceso de esta investigación. A nuestros familiares, por su apoyo, motivación y sacrificio durante todo este proceso educativo, sin ustedes no hubiese sido posible este logro.

A nuestro director de tesis Ing. Oswaldo Jadán quien con su conocimiento y guía fue un pilar importante en la culminación de este estudio.

A los docentes de la Carrera de Agronomía en la Universidad de Cuenca, por los conocimientos, experiencia y consejos brindados a lo largo de estos años, de manera especial al Ing. Hugo Cedillo por su apoyo constante.

A los propietarios de los sitios de estudio quienes nos facilitaron los mismos para el desarrollo de esta investigación.

Por último, queremos agradecer a nuestro equipo de trabajo, por su amistad y compañerismo en todo este proceso.

*Ana María Criollo, José Luis Criollo*



## DEDICATORIA

*La familia es el pilar más importante en la vida de todo ser humano en especial en la mía, por eso dedico este trabajo de manera especial a mis padres José y Nancy, por su ejemplo de superación, por el sacrificio que hicieron para ponerme en el lugar que ahora estoy. A mi esposo Bryam por su paciencia, comprensión y empeño. Y de manera muy especial a mi hija Belén, quien fue el motor principal para no rendirme y avanzar cada día para culminar mi carrera.*

### **ANITA**

*A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.*

*Gracias madre y padre.*

### **JOSE LUIS**



## 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales son considerados como un repositorio de diversidad biológica terrestre más grande del mundo (Gentry & Dodson, 1987) Aquí se destacan los bosques montano andinos que encierran una alta diversidad biológica especialmente florística (Gradstein et al., 1989) Décadas atrás estos ecosistemas no han sido evaluados en comparación con los bosques húmedos bajos a pesar de su función ecológica y económica sumamente importante (Baquero et al., 2004). Estas funciones se relacionan con la captación de agua y el control de la erosión entre otras (Bussmann, 2005) .Según la distribución altitudinal los bosques montanos se subdividen en pie montano y montano bajo, montano y montano alto (Sierra, 1999).

El Bosque montano bajo se caracteriza por ser un ecosistema natural siempre verde, en donde comúnmente las estaciones secas tienden a durar menos de un mes al año (Villamarín-Cortez, 2009) El Bosque pie montano es una formación natural de transición entre la vegetación forestal de tierras bajas y cordilleras (Bussmann, 2005). Estos bosques pertenecen a la clasificación de Bosque siempre verde pie montano, en general la conservación de bosques se relaciona positivamente con el mantenimiento de su biodiversidad (Gadow et al., 2007)

El Bosque montano representa un ecosistema muy frágil por factores limitantes como fuertes pendientes lo que los hacen vulnerables a la erosión, especialmente en zonas de alta pluviosidad (Svenning, 2001). Son altamente amenazados por la extracción de recursos como leña y madera (Garavito et al., 2012) También como resultados de la deforestación., estos bosques son transformados a pastizales o zonas para agricultura, lo que ha provocado la disminución en su superficie (Bussmann, 2005). Ecológicamente su existencia y distribución está influenciada por diferentes factores o variables ambientales

tanto climáticas como edáficas, siendo estos los responsables en la variación de diferentes parámetros de la vegetación (Fadrique & Homeier, 2016). Cuando alguno de dichos factores cambia naturalmente o por modificaciones antropogénicas la estructura y composición de los ecosistemas forestales también pueden sufrir modificaciones positivas o negativas (Fisher et al., 2013).

Asociada a la estructura de los bosques están los rasgos funcionales de plantas que permiten resolver dudas sobre la respuesta de las plantas hacia factores ambientales (Salmerón López et al., 2016) También permiten evaluar el aporte funcional de la vegetación hacia el ambiente (Flynn et al., 2009). Las plantas poseen rasgos funcionales de tipo morfológico y fisiológico que se encuentran asociados a la respuesta o incidencia del ambiente, lo que implica cambios en su fenología, fisiología, y reproducción. Con base a estas características, las especies desarrollan diferentes estrategias de supervivencia clasificándose en adquisitivas y conservacionistas (Díaz et al., 2006). Bajo estos antecedentes y con el desarrollo del presente estudio se da a conocer las diferentes características morfológicas o rasgos funcionales que permitan diferenciar de grupos funcionales de plantas leñosas y establecer relación con variables de fisiográficas, de clima y suelos en dos tipos de bosques montano andinos en el sur del Ecuador.





## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Principal**

➤ Generar información sobre los grupos funcionales de plantas leñosas, en los pisos altitudinales florísticos: Bosque pie montano y montano bajo; y establecer relaciones con factores ambientales en la Reserva de la Biosfera Macizo del Cajas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar grupos funcionales de plantas leñosas en los pisos altitudinales florísticos Bosque pie montano y montano, andinos, dentro del Macizo del Cajas.
2. Evaluar variables ambientales de topografía, clima y de suelos en los pisos altitudinales florísticos Bosque pie montano y montano, andinos, dentro del Macizo del Cajas.
3. Establecer relaciones entre rasgos funcionales y variables ambientales: fisiográficas, de clima y suelos, en los pisos altitudinales florísticos Bosque pie montano y montano, andinos, dentro del Macizo del Cajas.

## **3. HIPÓTESIS**

- Existen diferentes grupos funcionales con base a sus rasgos funcionales morfológicos, en los pisos altitudinales florísticos: Bosque pie montano y montano, andinos, dentro del Macizo del Cajas.
- Existe variación en las variables ambientales, tanto de clima y de suelo registradas en los pisos altitudinales florísticos: Bosque pie montano y montano, andinos, dentro del Macizo del Cajas.



- Los rasgos funcionales de las plantas leñosas muestran relaciones significativas positivas o negativas con las variables ambientales tanto de clima y de suelo en dos pisos altitudinales florísticos: Bosque pie montano y montano, andinos, dentro del Macizo del Cajas.



## **4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Bosque pie montano**

El Bosque pie montano pertenece al sistema ecológico de bosque pluvial pie montano de los Andes (Sierra, 1999). Sus características florísticas presentan elementos típicos de las dos floras, pero sus límites inferior y superior son también los límites de distribución de cada una de ellas (Ozinaca et al., 2016).

En las estribaciones occidentales de los Andes las formaciones pie montanas empiezan aproximadamente a los 300 metros y alcanzan los 1300 m.snm en el norte y los 1100 m.snm al sur del país (De la Torre et al., 2008). Se caracterizan por la dominancia de especies arbóreas que pueden sobrepasar los 30 m de altura, en donde especies epífitas como orquídeas, bromelias y helechos cubren los troncos de los árboles. Estos bosques poseen un estrato herbáceo denso, dominado por especies de la familia Maranthaceae, helechos y aráceas (De la Torre et al., 2008) La precipitación dominante es horizontal generada por la condensación de la niebla (Aichholzer, 2010)

### **4.2 Bosque montano bajo**

El Bosque montano de la Cordillera de los Andes es un ecosistema frágil que alberga una diversidad biológica excepcional (Ozinaca et al., 2016) variando en su composición florística y estructura que pueden cambiar entre áreas boscosas aisladas. (Kvist et al., 2006) Presenta poblaciones de palmas y es posible encontrar helechos arborescentes, la vegetación arbustiva es escasa con dominio de Rubiaceae y Melastomataceae. (Iglesias et al., 2012)



El Bosque montano bajo es también denominado bosque siempre verde montano bajo del sur de la cordillera oriental de los Andes, o bosque pluvial montano bajos de los Andes del Norte (Palacios et al., 2016). Estos bosques se encuentran ubicados en un rango de 1300 a 2000 m.snm (Baquero et al., 2004). En este tipo de bosque, los árboles suelen ser grandes y rectos alcanzando 25 a 30 m de altura con epífitas exuberantes. En el sotobosque pueden existir muchas hierbas, a pesar que existe una temporada seca de algunos meses con poca o ninguna lluvia. Sin embargo, casi siempre existe una considerable humedad relativa. Por las condiciones de precipitación horizontal, la vegetación mantiene el follaje, aunque algunos árboles pueden perder sus hojas al final de la época seca (Kvist et al., 2006).

#### **4.3 Rasgos Funcionales**

La capacidad de una planta para crecer y reproducirse bajo determinadas condiciones está relacionada con la posesión de determinados rasgos funcionales (morfológicos y/o fisiológicos). Estos rasgos reflejan una adaptación a las condiciones del medio, la disponibilidad de recursos (fundamentalmente luz, agua y nutrientes) en cada especie (Navarro Fernandez et al., 2012). Los rasgos funcionales representan el valor, rango, distribución y abundancia de todos los organismos que se encuentran en un ecosistema (Casanoves et al., 2011).

Los rasgos funcionales proveen un medio de mecanismos de prueba detrás de recambio de especies entre las comunidades debido a la heterogeneidad del medio ambiente, la competencia y la perturbación en la aptitud de las especies a través de sus rasgos (Córdova-Tapia & Zambrano, 2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades establece enlaces entre especies y los múltiples procesos a nivel de ecosistema, tal como la productividad primaria, flujo de nutrientes y resiliencia, ya que

las especies influyen en estos procesos a través de sus rasgos. (Ceccon, 2014)

Las investigaciones de (Enríquez, 2017) mencionan que los rasgos funcionales foliares de las plantas pueden predecir el desempeño de los árboles en plantaciones de restauración (Córdova-Tapia & Zambrano, 2015) Los rasgos funcionales están muy relacionados con el crecimiento de las plantas. El área específica foliar y la asimilación neta, son buenos predictores de las tasas máximas de crecimiento relativo. Aquí se destacan el área foliar, área foliar específica (AFE), materia seca foliar (MS) y grosor foliar (GF) (Cornelissen et al., 2003; Villar et al., 2004). En la actualidad se han incluido otros rasgos que son de gran importancia como la densidad de la madera (DM), la cual está estrechamente relacionada con la supervivencia y el crecimiento de las plantas (Gadow et al., 2007).

#### **4.4 Grupos funcionales de especies**

Los tipos funcionales de plantas - TFPs son el conjunto de especies que tienen respuestas similares al ambiente o efectos similares sobre procesos ecosistémicos (Díaz et al., 2003) Los grupos funcionales de plantas se definen de manera independiente de la identidad taxonómica de los organismos o especies (Córdova-Tapia & Zambrano, 2015) El surgimiento de grupos funcionales en la ecología de comunidades, se explica en gran medida por la existencia de condiciones ambientales que representan una barrera y funcionan como un filtro para la manifestación de rasgos particulares que permiten superar dichas barreras (Baquero et al., 2004) Mientras que, cuando no existen barreras o filtros, priman mecanismos neutrales y por tanto rasgos aleatorios en las plantas (Ruíz Molina, 2015). Según Gómez-Cañas (2020) indica que hay hojas más resistentes en donde la precipitación es mayor, presentando esto como una señal adaptiva al ambiente.



En comunidades establecidas los filtros ambientales pueden darse por competencia, adaptación o tolerancia a condiciones de estrés, generando grupos funcionales como respuesta a ellos (Chesson, 2000). Entonces un TFPs es la unión de un conjunto de especies con similar rol dentro de un ecosistema. Los TFPs comparan la taxonomía y filogenia de las especies que pueden incluir un papel semejante en el funcionamiento del ecosistema como respuesta a factores externos (Ushiña & Villacis, 2018) Al caracterizar los datos de TFPs se contribuye a la modelación de rasgos de adaptación y respuesta de la vegetación frente al cambio climático. Esto permite diferenciar estrategias ecológicas para clasificarlas en especies diferentes grupos funcionales como el de especies adquisitivas y conservativas. (Estrella Bermeo, 2010)

Las especies adquisitivas se relacionan con la condición caducifolia del follaje y suelen presentar alta área específica foliar (AFE), concentración foliar de nitrógeno (CNF), bajo contenido foliar de materia seca (CFMS) y baja densidad de la madera (DM). Mientras que las estrategias conservativas se relacionan con la condición perennifolia del follaje y suelen presentar baja AFE y CNF. Alto CFMS y DM (Casanoves et al., 2011).

#### **4.5 Rasgos funcionales y su relación con el funcionamiento de las plantas**

En determinadas ocasiones extremas las plantas tendrán que “elegir” entre crecer o sobrevivir manteniendo siempre un balance de carbono positivo, unos órganos funcionales y un reciclaje de nutrientes eficiente (López Iglesias, 2015). Para ello, utilizarán distintas respuestas y estrategias, relacionadas con las características específicas de cada especie. Estas características o propiedades se definen como atributos físicos y químicos de las plantas que sirven como indicadores o predictores de las respuestas de las plantas ante factores ambientales (Alcázar & Ramírez, 2011).



De estas características o indicadores se ha encontrado que los rasgos funcionales están muy relacionados con el crecimiento de las plantas. Así el área específica foliar, la asimilación neta o la razón de área foliar son buenos predictores de las tasas máximas de crecimiento relativo (Vásquez-Valderrama & Solorza-Bejarano, 2018). En relación a la sequía, se ha observado que las plántulas con hojas de área pequeña y una alta relación entre la biomasa de raíces y parte aérea son capaces de soportar mejor la sequía que plántulas que posean los rasgos opuestos (López Iglesias, 2015).

Con respecto al tallo, una alta densidad de la madera permite a las plantas tener una mayor resistencia a la sequía en plántulas en bosques tropicales (López Iglesias, 2015). En bosques montano una baja densidad de tallos (con grandes vasos) conduce a un rápido crecimiento, mientras que la densidad alta de tallos conlleva a una supervivencia alta (Arellano Nicolás, 2015).

Los rasgos mencionados anteriormente son estructurales, sin embargo, también se debe considerar la composición química de la hoja (sin considerar al carbono, que forma compuestos con función estructural, entre otras) que también tiene un papel muy importante en el funcionamiento de las plantas. Por ejemplo, la concentración de nitrógeno foliar (N) se ha descrito como un rasgo que explica la tasa de crecimiento relativa (Ortiz et al., 2017). El contenido foliar de materia seca (CFMS) es la relación entre el peso seco y el peso fresco de la hoja expresado en mg/g. Las hojas con alto CFMS tienden a ser relativamente gruesas por lo que se asume que sean más resistentes a factores biológicos y físicos como herbivoría, viento y heladas respecto a hojas con bajo CFMS (Pulido, 2016).

#### 4.6 Rasgos funcionales con relación al clima

El cambio climático es una de las principales amenazas para la biodiversidad de especies vegetales, como también para la permanencia de los ecosistemas (Estrella Bermeo, 2010). Se espera que a consecuencia de los efectos del cambio climático las especies forestales sufran una alteración en la estructura de las poblaciones y por tanto en los rasgos que estas poseen. Se afirma que estas alteraciones ocasionarían impactos importantes en el funcionamiento de los ecosistemas (López Iglesias, 2015) Los impactos de los mismos, en las propiedades de los ecosistemas pueden ser atribuidos en las características funcionales de las especies que lo componen. Por tanto, el conocimiento de estas características funcionales de las plantas puede ayudar a predecir los efectos del cambio global sobre los ecosistemas (Zelada Gárate, 2018).

Los rasgos foliares son probablemente los más sensibles a la variación ambiental e influyen en procesos de los ecosistemas como la productividad primaria, la descomposición de hojarasca y el ciclaje de nutrientes (Negret, 2016). Los rasgos foliares determinan las pérdidas de agua, y están por tanto estrechamente relacionados con la tolerancia a la sequía (Tardieu, 2005). Una elevada área específica foliar (AFE) implica una mayor relación superficie-volumen y, por tanto, mayores pérdidas de agua (Gadow et al., 2007).

La adquisición de recursos del suelo por las plantas depende de la especie, las características del suelo y de la arquitectura de las raíces de otros factores del medio ambiente local (Pérez Almario et al., 2013). Varios factores del suelo tienen impacto significativo y son determinantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Por



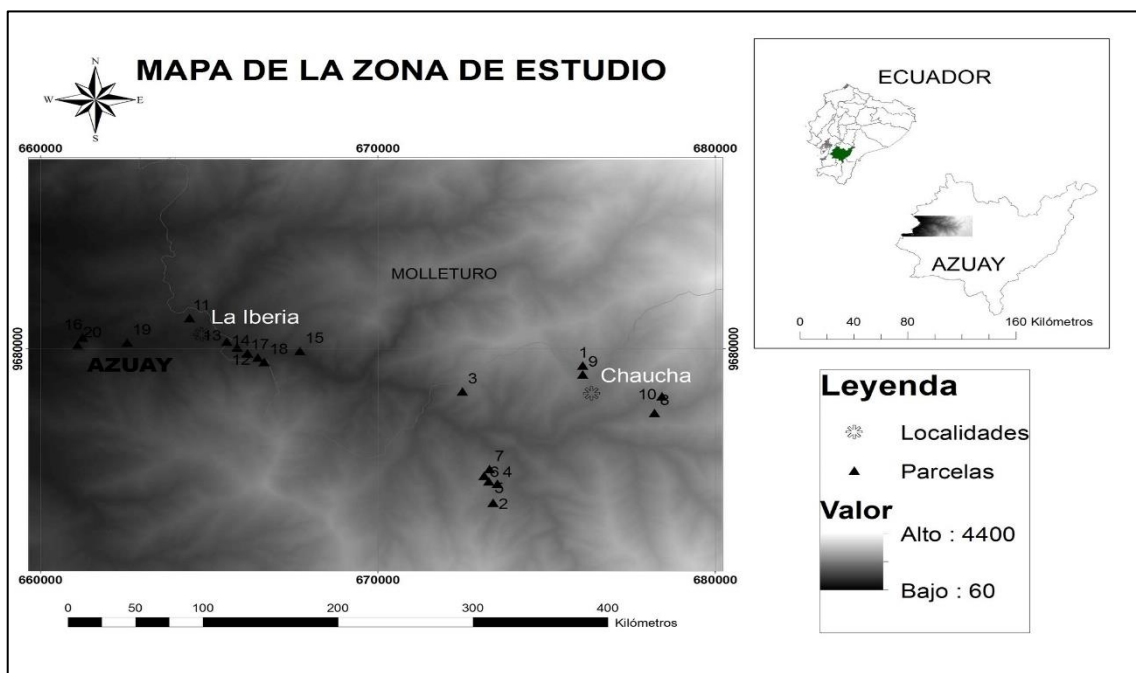


ejemplo, la densidad aparente, la resistencia a la penetración, la humedad, la porosidad la cantidad y localización de nutrientes. La alta densidad conlleva una menor porosidad y dificultad en la penetración de raíces por resistencia mecánica que puede impedir el crecimiento de las raíces y la planta (Bucheli León, 2012). El contenido de materia orgánica y nitrógeno está influenciado por el clima, especialmente la temperatura y la precipitación (Lozano et al., 2007). La acumulación de materia orgánica y nitrógeno aumenta a medida que aumenta la humedad del suelo (Buckman & Brady, 1969).

## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Ubicación y descripción del área de Estudio

El área de estudio está localizada en los Andes sur del Ecuador, provincia del Azuay, en la parte occidental de la Reserva de la Biosfera Macizo del Cajas. Ecológicamente, los sitios de estudio están dentro de dos pisos florísticos o tipos de bosques: 1) Bosque siempre verde montano bajo y Bosque siempre verde pie montano (Sierra, 1999). Políticamente, los sitios de estudio se ubican en las parroquias rurales, San Antonio de Chaucha y Molleturo - comunidad La Iberia; las dos parroquias pertenecen al Cantón Cuenca. Según el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, junto a ETAPA el clima de la zona se encuentra vinculado estrechamente con la altura y la vertiente presentando variaciones a lo largo del año, así las temperaturas son constantes a lo largo del año cuyo rango oscila desde los 2 °C en la parte alta y hasta encontrarse con un clima cálido y húmedo de 26 °C en la costa en cuanto al régimen de lluvias puede



**Figura 1:** Ubicación del área de estudio; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, en la Reserva de la Biosfera del Macizo del Cajas variar entre 900 y 2000mm. (Cuenca, 2011)



## 5.2 Materiales y Equipos

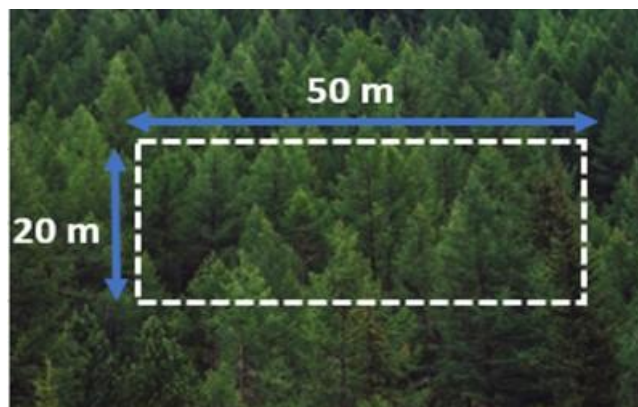
Para la evaluación de las parcelas se utilizó los siguientes equipos: brújula, Sistema de Posicionamiento Global (GPS), horno, balanza, calibradores, estufa, escáner, cinta métrica y cinta diamétrica. También se utilizó los siguientes materiales: piolas, cinta diamétrica, martillo, clavos, placas, hojas de campo, tijeras de podar, podadoras manuales, machetes, prensas botánicas, fundas plásticas y de papel, y navajas.

## 5.3 Establecimiento de parcelas y muestreo de campo

En el área de estudio se utilizaron veinte parcelas permanentes de  $20\text{ m} \times 50\text{ m}$  (0,1 ha) en total. Instaladas bajo el proyecto de investigación denominado “El rol de los bosques andinos frente al cambio climático con base a la diversidad taxonómica, y funcional y stock de carbono en Bosques siempre verdes montanos andinos. Azuay – Ecuador”. Como actividades de este proyecto, previo la instalación de las parcelas se aplicó un diseño de muestreo estratificado, considerando dos altitudes de referencia: 1)  $500\text{ m.snm} \pm 500\text{ m}$  y 2)  $1500\text{ m.snm} \pm 500\text{ m}$ . Se realizó este diseño por no tener bosques continuos sino parches de bosque. Estas referencias altitudinales fueron asociadas con dos tipos de bosques según las similitudes en los rangos altitudinales: 1) Bosque siempre verde pie montano y 2) Bosque montano bajo, ubicados a menor y mayor altitud, respectivamente.

Para la toma de datos, a la parcela grande de  $50\text{ m} \times 20\text{ m}$ , se la dividió en 10 subparcelas de  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$  para facilitar la medición de las diferentes variables planteadas en los objetivos (Figura 2), según la metodología propuesta por (Arellano et al., 2016) Estas parcelas fueron instaladas en los remanentes de bosques maduros, con al menos 300 m de distancia horizontal para tener independencia en los datos en las unidades

experimentales medidas. A las parcelas se las instaló en el centro de los parches de bosque, o al menos a 300 metros del límite de bosque para evitar el efecto de borde. Por último, se consideró la accesibilidad y el permiso de sus propietarios.



**Figura 2:** *Diseño de la parcela experimental instalada en los dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presente en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.*

En cada tipo de bosque se recolectó muestras botánicas que presentaron buen estado fitosanitario y morfológico para la identificación taxonómica hasta nivel de especie de todos los individuos con DAP (diámetro a la altura del pecho 1,3 m sobre el nivel del suelo)  $\geq$  a 2,5 cm de diámetro. También se tomó el DAP y altura total HT (m) de todos los individuos medidos. Estas especies fueron identificadas directamente en campo o en el Herbario Loja y Herbario Azuay mediante comparaciones de especímenes análogos y digitales.

#### **5.4 Rasgos funcionales (Metodología primer objetivo específico)**

De todas las especies identificadas se midieron los siguientes rasgos funcionales: 1) área foliar AF ( $\text{mm}^2$ ); 2) área foliar específica AFE ( $\text{mm}^2/\text{g}$ ); 3) contenido de materia seca de las hojas MS ( $\text{gg}^{-1}$ ); 4) densidad de la madera DM ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ); 5) grosor foliar GF. Para ello se tomó muestras de hojas de todo el follaje de al menos 5 individuos por cada especie con diferentes alturas.



Para la medición de los siguientes rasgos funcionales se aplicó estrictamente la metodología propuesta por (Cornelissen et al., 2003) El área foliar se midió en al menos cinco hojas de cada individuo utilizando un scanner digital LI-COR modelo LI-3100C Área meter. De estas hojas se pesó la masa fresca y luego se las secó en una estufa a 90 °C durante al 48 h para determinar el contenido de materia seca. El área foliar específica se calculó como la proporción entre el área foliar y la masa seca (Ecuación 1, Tabla 1) y se determinó el contenido de materia seca de las hojas dividiendo la masa seca foliar por masa fresca (Ecuación 2, Tabla 1). La densidad de la madera se calculó como la relación de la masa seca de la madera y su volumen fresco (Ecuación 3, Tabla 1). Para este rasgo funcional se aplicó la metodología propuesta por (Swenson & Enquist, 2008); para ello se recogió muestras de ramas gruesas sin nudos ( $\geq 2$  cm de diámetro) de cinco individuos por cada especie. El DAP y altura total de cada árbol se determinó para cada especie identificada en el área de estudio.

Para determinar los grupos de plantas funcionales se procedió según la metodología propuesta por (Estrella Bermeo, 2010) Para ello se utilizó las especies identificadas como variables cualitativas y los rasgos funcionales medidos como variables cuantitativas continuas. Estos valores fueron estandarizados para realizar un análisis de clasificación multivariado o de conglomerados, utilizando el método de separación Ward y distancia Euclídea.

Se realizó una separación de conglomerados al 50% de la distancia de similitud. Esta separación se validó mediante el análisis de similitudes ANOSIM (Euclídea;  $P < 0,05$ ) y análisis de varianza multivariado (MANOVA; Hotelling  $P < 0,05$ ) considerando como variable de clasificación a los conglomerados formados anteriormente. Cada conglomerado correspondió a los diferentes grupos funcionales de plantas. Este análisis

se lo realizó utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2011)

A cada grupo funcional se lo caracterizó mediante su número de especies, familias botánicas y las medias estadísticas de cada uno de los rasgos funcionales. Según los valores de los rasgos, a los grupos funcionales se los denominó como: 1) especies pertenecientes al grupo funcional conservacionista, es decir aquel grupo de especies que presenten un área foliar específica (AFE) baja, materia seca foliar (MS) alta, densidad de la madera (DM) alta y un área foliar (AF) baja. 2) grupos cuyas especies pertenecen al grupo funcional de adquisitivas considerando el grupo de especies capaces de adquirir recursos rápidamente por lo que registran rápido crecimiento, AFE alto, MS baja y AF alta.

**Tabla 1:** Ecuaciones para el cálculo de Rasgos Funcionales.

ECUACIONES
1) $SLA - \text{Área foliar específica} = \frac{\text{Área foliar}}{\text{materia seca}}$
2) $MS - \text{Materia Seca} = \frac{\text{Masa seca}}{\text{Masa fresca}}$
3) $\text{Densidad madera} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Volumen}}$

Para verificar la variación en los rasgos funcionales en toda el área de estudio se realizó una prueba de medias utilizando la prueba no paramétrica t ( $P < 0,05$ ). Esta prueba permite comparar parámetros de dos escenarios poblacionales o muestrales.

## **5.5 Análisis de variables ambientales de topografía, clima y suelos**

### **(Metodología segundo objetivo específico)**

Las variables de clima se consideraron Precipitación media anual (PMA) y temperatura mínima anual (TMINA), temperatura máxima (TMAXA), temperatura

media mensual (TMM), fueron obtenidas de la base mundial Worldclim (<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html#>) con datos históricos de 50 años. Para ello se utilizó las coordenadas de cada parcela y se empleó el programa QGIS. Las variables topográficas altitud y pendiente, fueron medidos directamente en cada parcela, utilizando un GPS y clinómetro.

Los valores de las variables de suelos se las obtuvo mediante muestras compuestas tomadas a dos profundidades después de la capa orgánica: entre 0 – 15 cm y entre 15-30 cm. En total se obtuvo una muestra de suelos compuesta de 200 g por cada profundidad proveniente de cinco submuestras tomadas al azar dentro de cada parcela.

Para calcular la densidad aparente ( $D_a$ ) se muestreo tres sitios de la parcela con cilindros de  $102\text{ cm}^3$  de volumen a dos profundidades entre 0-15 cm luego de la capa orgánica y entre 15-30 cm. A nivel de laboratorio para determinar la densidad aparente ( $D_a$ ), cada submuestra fue secada a  $105^\circ\text{C}$  por 24 horas; luego se dividió el peso seco entre el volumen del cilindro para obtener un promedio de las tres muestras. Para determinar la materia orgánica (MO) se ingresó 10 g de suelo en la mufla por 24 horas. La MO en cada parcela se obtuvo restando el peso inicial de la muestra incinerada dividido para para el peso inicial, todo esto multiplicado por 100 (Tabla 2).

Para determinar el pH se aplicó el método del potenciómetro, en una suspensión de suelo y agua (2:5). Para la conductividad eléctrica (CE) se utilizó un conductímetro en una solución de agua; suelo (1:5). Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca.

**Tabla 2:** Ecuaciones para el cálculo de variables edáficas

<b>Ecuaciones</b>
-------------------

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso seco del suelo}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

$$\text{Materia orgánica} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso incinerado}}{\text{peso inicial}} * 100$$

Los rasgos funcionales (variables de respuesta) y variables predictoras (datos edáficos, topográficos y climáticos) fueron descritas estadísticamente con base a su media, desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV) y valores máximos y mínimos.

### **5.6 Relación de rasgos funcionales con las variables de clima y suelo (Metodología tercer objetivo específico)**

Las relaciones entre datos ambientales del clima, edáficos y topográficos (variables predictoras) con los rasgos funcionales (variables de respuesta) fueron analizadas con Modelos lineales generales mixtos (MLGM). Para ello se utilizó la función MLGM del paquete Stats de R en infostat. Se colocó como variables de repuesta a independientes a los rasgos funcionales y como variables predictoras o dependientes a las variables ambientales.

Antes de realizar el MLGM, para evitar la colinealidad dentro del modelo, las variables predictoras fueron seleccionadas bajo dos procedimientos: 1) en primer lugar se realizó un análisis de correlación, utilizando la función find Correlation del paquete Caret de R en donde se eliminó las variables correlacionadas con  $r > 0,8$ . 2) Para cada variable de respuesta las variables predictoras (seleccionadas en primer procedimiento) fueron retenidas mediante el procedimiento backward ( $P < 0,05$ ).





33



En toda la zona de estudio se identificaron 259 especies distribuidas en las 20 parcelas, en los dos tipos de bosques estudiados. Aquí se identificó 3 grupos funcionales bien diferenciados a través del análisis de conglomerado (método de separación Ward, distancia Euclídea). Esta separación fue estadísticamente significativa según el ANOSIM (R: 0,4; P = 0,001) y análisis multivariado MANOVA (P < 0,0001) (Tabla 3). A través análisis de conglomerado se agruparon 160 especies en el grupo o conglomerado 1; 36 especies en el conglomerado 2 y 63 especies en el tercer conglomerado (Figura 3).

El primer grupo funcional agrupó a las especies que registraron menor AF, menor AFE, y mayor DM, mayor GF y mayor MS por lo que se lo caracterizó como grupo que contiene especies conservacionistas. Opuestamente las especies que fueron agrupadas en el conglomerado 3, presentaron valores contrarios al conglomerado 1 y se las consideró como el grupo de las especies adquisitivas. Por último, las especies que se agruparon en el conglomerado 2, fueron mixtas ya que presentaron características combinadas de los dos grupos.

**Tabla 3:** MANOVA entre grupos funcionales de especies identificados en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde montano bajo y Bosque siempre verde pie montano presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas

Grupo funcionales (Conglomerados)	Área foliar (mm <sup>2</sup> )	Área foliar Específica (AFE) (mm <sup>2</sup> /g)	Densidad de la madera (DM) (g/cm <sup>3</sup> )	Grosor Foliar (GF)	Materia seca Foliar (MS) (g)	
<b>Grupo 1- Especies conservacionistas</b>	54805,8	18	0,3	0,1	0,3	A
<b>Grupo 2 - Especies mixtas</b>	17053	10,6	0,2	0,6	0,5	B
<b>Grupo 3 - Especies adquisitivas</b>	12295	20,2	0,4	0,1	0,3	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Las familias botánicas con mayor número de especies para el grupo funcional 1 o especies conservacionistas fueron Moraceae, Lauraceae y Rubiaceae. En este grupo funcional varias familias mostraron una sola especie entre ellas Anacardiaceae, Burseraceae, Cardiopteridaceae (Tabla 4). En el grupo funcional 2 o especies mixtas las familias más diversas fueron Clusiaceae con siete especies, Myrtaceae con 5 especies y Rubiaceae con 3 especies del mismo grupo varias familias presentaron solo una especie entre ellas Actinidiaceae, Loranthaceae y Pentaphylacaceae (Tabla 4).

En el grupo funcional 3 o especies adquisitivas, las familias más diversas fueron Fabaceae con 10 especies, Meliaceae con siete especies y Urticaceae con siete especies. Para el mismo grupo funcional las familias que mostraron una sola especie fueron varias entre algunas Araliaceae, Proteaceae, Picramniaceae (Tabla 4).

**Tabla 4:** Familias y número de especies según los tres grupos funcionales registrados en dos tipos de bosques: Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.

Grupo funcional 1 – conservacionistas		Grupo funcional - mixto		Grupo funcional 3 – adquisitivas	
Familia	Especies	Familia	Especies	Familia	Especies
Actinidiaceae	1	Actinidiaceae	1	Annonaceae	1
Anacardiaceae	1	Calophyllaceae	1	Araliaceae	1
Annonaceae	5	Clusiaceae	7	Begoniaceae	1
Apocynaceae	1	Erythroxylaceae	1	Burseraceae	2
Aquifoliaceae	1	Fabaceae	1	Campanulaceae	1
Araliaceae	1	Lauraceae	3	Chloranthaceae	2
Asteraceae	5	Lecythidaceae	2	Cyatheaceae	1
Burseraceae	1	Loranthaceae	1	Elaeocarpaceae	1
Campanulaceae	1	Melastomataceae	1	Euphorbiaceae	1
Cardiopteridaceae	1	Metteniusaceae	1	Fabaceae	10
Chloranthaceae	1	Moraceae	2	Lauraceae	2
Clusiaceae	1	Myricaceae	1	Malvaceae	2
Cordiaceae	1	Myrtaceae	5	Meliaceae	7
Euphorbiaceae	7	Olcaceae	1	Metteniusaceae	1



Fabaceae	5	Pentaphylacaceae	1	Moraceae	4
Gesneriaceae	1	Phyllanthaceae	1	Myristicaceae	2
Guettarda	1	Primulaceae	1	Nyctaginaceae	2
Hypericaceae	1	Proteaceae	1	Orobanchaceae	1
Lacistemataceae	2	Rubiaceae	3	Piperaceae	4
Lamiaceae	2	Sapotaceae	1	Primulaceae	1
Lauraceae	15			Proteaceae	1
Malpighiaceae	1			Rubiaceae	4
Malvaceae	1			Salicaceae	2
Melastomataceae	10			Staphyleaceae	1
Meliaceae	6			Urticaceae	7
Metteniusaceae	1				
Monimiaceae	1				
Moraceae	23				
Monimiaceae	1				
Myricaceae	1				
Myristicaceae	6				
Myrtaceae	2				
Nyctaginaceae	1				
Phyllanthaceae	2				
Picramniaceae	1				
Piperaceae	5				
Polygalaceae	1				
Polygonaceae	1				
Primulaceae	6				
Rubiaceae	14				
Salicaceae	3				
Sapindaceae	3				
Sapotaceae	2				
Siparunaceae	1				
Solanaceae	5				
Styracaceae	1				
Urticaceae	3				
Verbenaceae	1				
Viburnaceae	2				

Los rasgos funcionales AF, AFE, GF, HC, HD, HMax, presentaron diferencias significativas, lo cual muestra una variación entre los dos tipos de bosque. No obstante, la MS y la DM no fueron diferentes estadísticamente.

**Tabla 5:** Prueba t y medias de los rasgos funcionales registrados en dos tipos de bosques: Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.

Rasgo	Bosque montano bajo	Bosque pie montano	t	P
Área Foliar - AF (mm <sup>2</sup> )	<b>12645,9</b>	<b>32475,4</b>	<b>-5,8</b>	<b>0,0001</b>
Área foliar específica - AFE (mm <sup>2</sup> /g)	<b>14</b>	<b>19,9</b>	<b>-4,4</b>	<b>0,0003</b>
Grosor Foliar - GF	<b>0,16</b>	<b>0,1</b>	<b>4,2</b>	<b>0,0005</b>
Materia seca - MS (g)	0,4	0,3	1,6	0,1314
Densidad de la madera (DM) (g/cm <sup>3</sup> )	0,5	0,4	1,5	0,1473
Diámetro a la altura del pecho (cm)	9	10,4	-1,9	0,0680
Altura total - HT (m)	7,4	7,8	-1,2	0,2409
Altura comercial - HC (m)	<b>4,6</b>	<b>5,5</b>	<b>-2,3</b>	<b>0,0313</b>
Altura dominante- HD (m)	<b>17,9</b>	<b>21,9</b>	<b>-2,8</b>	<b>0,0110</b>
Altura máxima - HMax (m)	<b>19,7</b>	<b>24</b>	<b>-2,2</b>	<b>0,0381</b>

Valores  $\geq 0,05$  no presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de bosque.

## 6.2 Descripción de variables ambientales de topografía, clima y de suelos (Segundo objetivo específico)

El pH tomado a 0-15 cm de profundidad varió 0,9 veces entre los máximos y mínimos valores dentro de toda el área de estudio. El pH a 15-30 cm de profundidad varió 0,5 veces. La CE tomada de 0-15 cm de profundidad varió cuatro veces y la CE tomada de 15-30 cm de profundidad varió 2 veces. La materia orgánica a 15 cm y 30 cm varió 5 veces, la densidad aparente (Da) tomada a 0-15cm y 15-30cm de profundidad varió 2

veces. El nitrógeno y el carbono tomados a 0-15 cm varió 5 veces. Estas variaciones se dan con respecto a los valores mínimos y máximos obtenidos de las 20 parcelas (Tabla 6). También se analizó la altitud con una variación de 4 veces y la pendiente con una variación de 2 veces. Estas variaciones se observan mediante el coeficiente de variación.

**Tabla 6:** Estadística descriptiva de variables predictoras, sus valores medios, desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV) obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, dentro de la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.

<b>Variables predictoras</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>CV</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>
<b>Altitud (m.snm)</b>	1269,1	623,7	49,1	485,0	1997
<b>Pendiente (%)</b>	54,3	14,7	27,1	31,0	80
<b>pH (0 – 15 cm)</b>	6	0,6	9,9	4,7	6,9
<b>pH (15 – 30 cm)</b>	6,3	0,4	5,8	5,4	6,8
<b>Conductividad eléctrica (dS/m) (0-15cm)</b>	0,1	0,03	47,1	0,1	0,2
<b>Conductividad eléctrica (dS/m) (15 - 30cm)</b>	0,1	0,03	25,6	0,1	0,2
<b>Materia orgánica (0 – 15 cm)</b>	9,9	5,2	52,9	3	25,5
<b>Materia orgánica (15 – 30 cm)</b>	6,9	4,1	59,2	2,5	17,5
<b>Densidad aparente (0 – 15 cm) (g/l)</b>	1	0,2	25	0,3	1,4
<b>Densidad aparente (15 – 30 cm) (g/l)</b>	1	0,2	23	0,4	1,5
<b>Nitrógeno (0-15 cm) (%)</b>	0,3	0,2	52,5	0,1	0,8
<b>Carbono (0-15 cm) (%)</b>	4,4	2,3	52,9	1,2	9,52

(0-15 cm) – (15–30 cm) de profundidad de medición entre 0 y 15 cm después capa orgánica ó entre 15 y 30 cm, respectivamente.

La PMA vario 1,4 veces entre los máximos y mínimos valores. La TMA vario 1,3 veces. La TMAXA vario 1,3 veces. La TMINA vario 2 veces. La TMM vario 1,8

veces. Estas variaciones se dan con respecto a los valores mínimos y máximos obtenidos de las 20 parcelas (Tabla 7). Estas variaciones pueden ser verificadas mediante el coeficiente de variación.

**Tabla 7:** Estadística descriptiva de variables predictoras, sus valores medios, desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV) obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, dentro de la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.
Precipitación media anual- $T_{PMA}$ (°C)	20	72,3	10,7	14,8	60,7	84,1
Temperatura máxima anual- $T_{MAXA}$ (°C)	20	23,8	3,3	13,8	19,02	28,5
Temperatura mínima anual- $T_{MINA}$ (°C)	20	13,7	3,5	25,6	8,6	18,5
Temperatura media mensual- $T_{MM}$ (°C)	20	18,8	3,4	18,1	13,8	23,5

En los dos tipos de bosques (Bosque siempre verde pie montano y bosque siempre verde montano bajo), considerando todas las variables climáticas, el ANOVA mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Los mayores valores en todas las variables climáticas se registraron en el Bosque siempre verde pie montano (Tabla 8).

**Tabla 8:** Variables climáticas obtenidos en bosque siempre verde pie montano y bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. Mediante ANOVA ( $P < 0,05$ )

Variables climáticas		Bosque siempre verde montano bajo	Bosque siempre verde pie montano	P
Precipitación mensual (Pérez Almario et al.)	media	62,1	82,5	<0,0001
Temperatura máxima (°C)	media	20,9	26,8	<0,0001
Temperatura mínima	mínima	10,6	16,9	<0,0001

(°C)				
<b>Temperatura máxima anual (°C)</b>	<b>máxima</b>	15,7	21,9	<b>&lt;0,0001</b>

En los dos tipos de bosques las variables del suelo, altitud y pendiente, el ANOVA mostro diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) a excepción de la pendiente, el pH 15-30, Ce tomada a 15 y 30 cm y el N. Los mayores valores se registraron en el bosque siempre verde pie montano. (Tabla 9)

**Tabla 9:** Variables de suelo obtenidos en dos tipos de bosques; bosque siempre verde pie montano y bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas. Mediante ANOVA ( $P < 0.05$ )

<b>Variables fisiografías, altitud y suelos</b>	<b>Bosque siempre verde montano bajo</b>	<b>Bosque siempre verde pie montano</b>	<b>P</b>
<b>Altitud (m.snm)</b>	1868,9	669,2	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Pendiente (%)</b>	49,3	59,2	0,1
<b>pH 0-15cm</b>	5,6	6,3	<b>0,01</b>
<b>pH 15-30cm</b>	6,4	6,2	0,2
<b>Conductividad eléctrica (0-15cm) (dS/m)</b>	0,1	0,1	0,2
<b>Conductividad eléctrica (15-30cm) (dS/m)</b>	0,1	0,1	0,1
<b>Densidad aparente (0-15cm) (g/l)</b>	0,8	1,1	<b>0,02</b>
<b>Densidad aparente (15-30cm) (g/l)</b>	0,9	1,1	<b>0,09</b>
<b>Materia orgánica (0-15cm) (%)</b>	8,2	11,6	0,1
<b>Materia orgánica</b>	8,4	5,5	0,1



**(0-30cm) (%)**

<b>Nitrógeno (%)</b>	0,3	0,3	1,0
<b>Carbono (%)</b>	2,8	5,9	<b>0,0009</b>

**6.3 Relaciones entre rasgos funcionales con las variables climáticas y edáficas****(Tercer objetivo específico)**

Las variables predictoras ambientales de clima y suelos seleccionadas mediante el análisis de correlación fueron: PMA, pendiente, pH (0-15 cm), (pH 15-30 cm), CE (0-15 cm), CE (15-30 cm), Da (15-30 cm), MO (15-30 cm), N y C (0-15 cm). Las regresiones múltiples realizadas con MLGM entre los rasgos funcionales y las variables predictoras (Tabla 8) mostraron que los rasgos funcionales de altura total y la materia seca – MS de las hojas no se asociaron con ninguna variable predictora (Anexo 6).

El AFE se asoció significativa y negativamente con la pendiente, y positivamente con PMA (Tabla 8, figuras 5, 6). El AF se relacionó positiva y significativamente con la PMA (Tabla 8; Figura 4). El GF se relacionó significativamente con todas las variables predictoras retenidas a excepción de la densidad aparente (15 – 30 cm) (Tabla 8; Figura 7, 8, 9). El DAP se relacionó significativamente con todas las variables predictoras retenidas a excepción de la pendiente, siendo el único rasgo que presento mayor incidencia por las variables de clima y suelo. (Tabla 8; Figuras 10, 11, 12, 13). La DM se relacionó significativamente con todas las variables a excepción de la Precipitación media anual (Tabla 8; Figuras 14, 15,16). La HC se relacionó positiva y significativamente con el pH (15– 30 cm) y negativamente con la conductividad eléctrica (0– 15 cm) (Figuras 17,18). La HD se relacionó significativamente con todas las variables predictoras a excepción de la densidad aparente y pH de (15 – 30 cm) (Tabla 8; Figura

19, 20, 21). La HMax se relacionó significativamente con todas las variables predictoras a excepción del pH (0 – 15 cm) y la densidad aparente (15 – 30 cm) (Tabla 8; Figuras 22, 23, 24, 25).

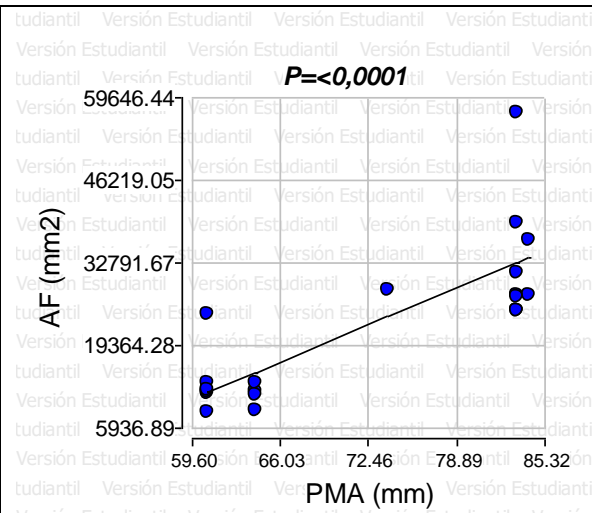
**Tabla 10:** Resultados de los MLGM entre las relaciones de los rasgos funcionales con datos climáticos y edáficos obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.

Área Foliar Especifica (mm <sup>2</sup> /g)	Estimador	SE	P
Intercepción	9,9	6,7	0,1606
Pendiente (%)	<b>-0,1</b>	<b>0,04</b>	<b>0,0120</b>
Precipitación media anual	<b>0,2</b>	<b>0,07</b>	<b>0,0042</b>
Carbono (0 – 15 cm) (%)	-0,7	0,4	0,0622
<b>Área Foliar(mm<sup>2</sup>)</b>			
Intercepción	44970,1	12330,4	0,0018
Precipitación media anual	<b>933,7</b>	<b>168,7</b>	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Grosor foliar</b>			
Intercepción	-0,2	0,09	0,0684
pH (15-30 cm)	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0006</b>
Densidad aparente (15-30 cm) (g/cm <sup>3</sup> )	-0,05	0,03	0,0917
Materia orgánica (15-30 cm) (%)	<b>-0,01</b>	<b>0,001</b>	<b>0,0148</b>
Carbono (%)	<b>0,01</b>	<b>0,002</b>	<b>0,0005</b>
<b>Diámetro altura del pecho (cm)</b>			
Intercepción	14,2	6,17	0,0376
Pendiente (%)	0,05	0,03	0,0639
Precipitación media anual	<b>-0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0183</b>
pH (0-15 cm)	<b>2,2</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0128</b>
Nitrógeno (0 – 15 cm) (%)	<b>16,9</b>	<b>6,2</b>	<b>0,0148</b>
Carbono (0 – 15 cm) (%)	<b>-1,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,0148</b>
<b>Densidad de la madera (g/cm<sup>3</sup>)</b>			
Intercepción	0,3	0,3	0,3727
Precipitación media anual	0,01	0,01	0,0715
pH (0-15cm)	<b>-0,1</b>	<b>0,04</b>	<b>0,0264</b>
Nitrógeno (0 – 15 cm) (%)	<b>-0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0107</b>
Carbono (0 – 15 cm) (%)	<b>0,07</b>	<b>0,03</b>	<b>0,0334</b>
<b>Altura comercial (m)</b>			
Intercepción	14,9	2,7	<0,0001
Conductividad eléctrica (0-15cm) (dS/m)	<b>-22,4</b>	<b>3,8</b>	<b>&lt;0,0001</b>

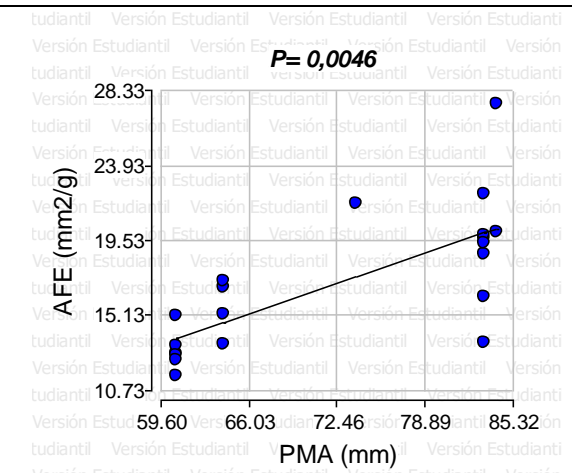


pH (15-30 cm)	<b>-1,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0047</b>
<b>Altura dominante (m)</b>			
Intercepción	8,7	13,5	0,53
pH (15-30 cm)	3,9	2,02	0,07
Densidad aparente (15-30 cm) (g/cm <sup>3</sup> )	-7,9	4,4	0,0875
Materia orgánica (15-30 cm) (%)	<b>-0,9</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0102</b>
Nitrógeno (0 – 15 cm) (%)	<b>21,6</b>	<b>6,7</b>	<b>0,0064</b>
Carbono (0 – 15 cm) (%)	<b>-1,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0202</b>
<b>Altura máxima (m)</b>			
Intercepción	64,7	19,07	0,0048
Precipitación media anual	<b>-0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0418</b>
pH (0-15 cm)	4,07	2,08	0,0727
Densidad aparente (15-30 cm) (g/cm <sup>3</sup> )	-12,5	6,3	0,0685
Materia orgánica (15-30 cm) (%)	<b>-1,06</b>	<b>0,4</b>	<b>0,023</b>
Nitrógeno (0 – 15 cm) (%)	<b>51,7</b>	<b>18,2</b>	<b>0,0139</b>
Carbono (0 – 15cm) (%)	<b>-4,5</b>	<b>1,6</b>	<b>0,0145</b>

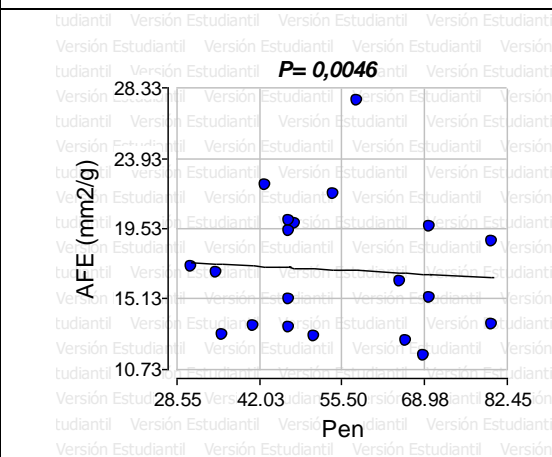
(0-15 cm) – (15–30 cm) de profundidad de medición entre 0 y 15 cm después capa orgánica o entre 15 y 30 cm, respectivamente. Palabras con negrita corresponden a las variables de respuesta o rasgos funcionales.



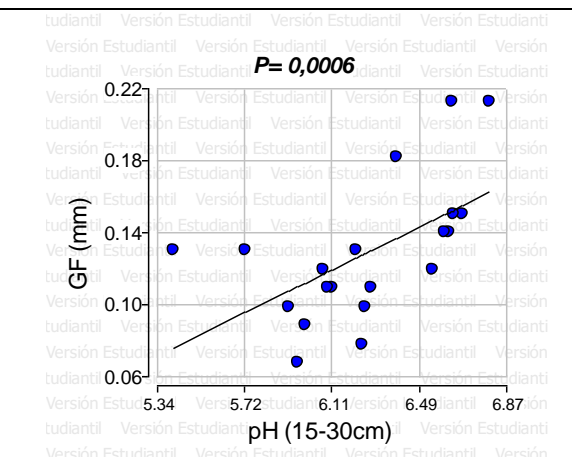
**Figura 4:** Dispersión entre el Área foliar y la Precipitación media anual.



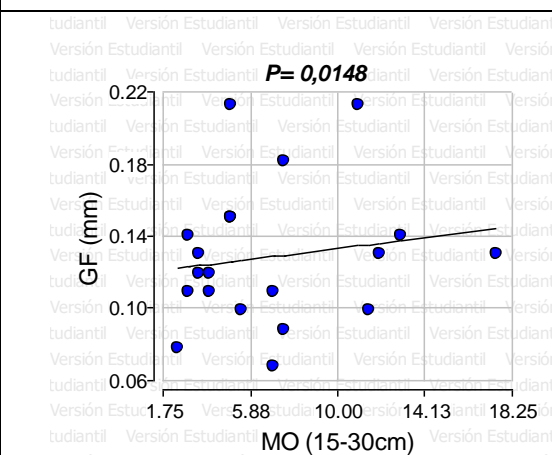
**Figura 5:** Dispersión entre el área foliar específica y la Precipitación media anual.



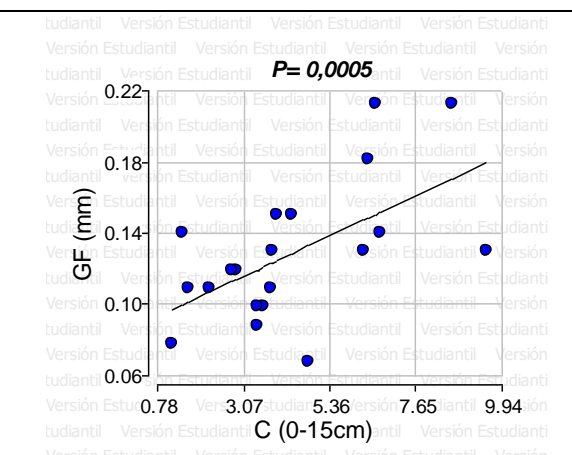
**Figura 6:** Dispersión entre el área foliar específica y la pendiente.



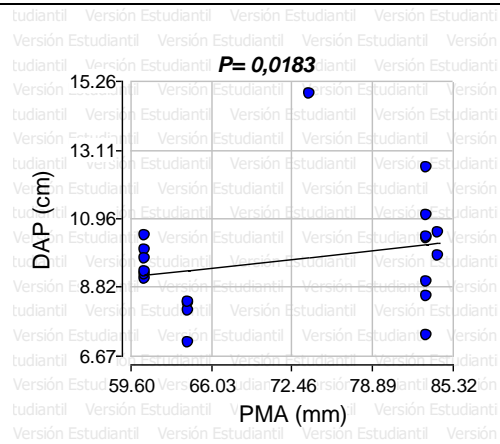
**Figura 7:** Dispersión entre el grosor foliar y el pH de 15-30cm.



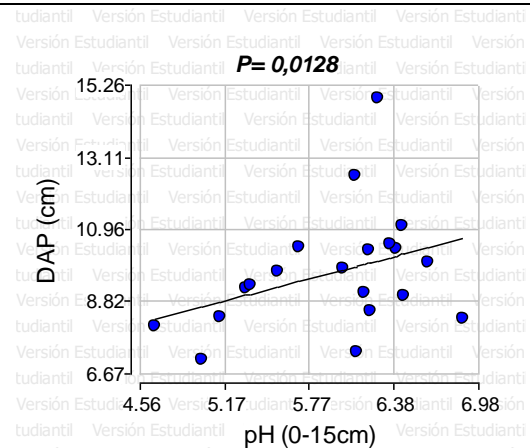
**Figura 8:** Dispersión entre el grosor foliar y la materia orgánica de 15-30cm.



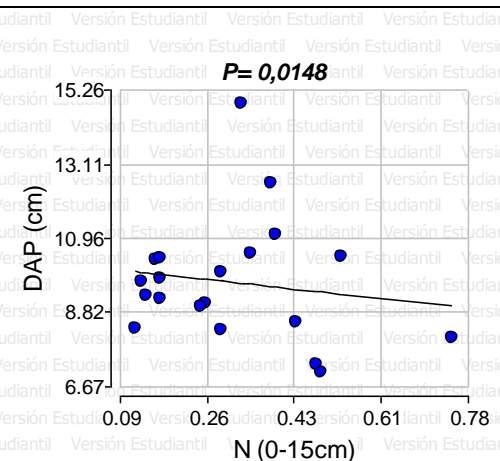
**Figura 9:** Dispersión entre el grosor foliar y el carbono de 0-15cm.



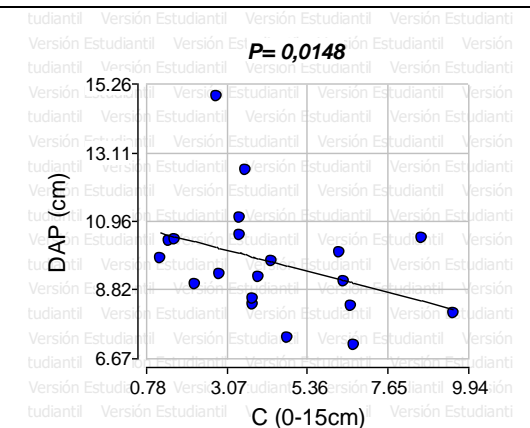
**Figura 10:** Dispersión entre el diámetro a la altura del pecho y la precipitación media anual.



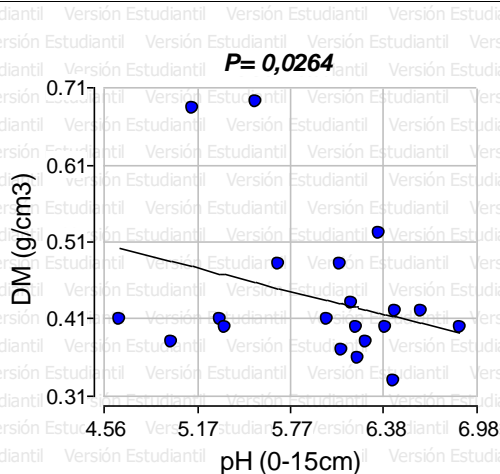
**Figura 11:** Dispersión entre el diámetro a la altura del pecho y el pH de 0-15cm.



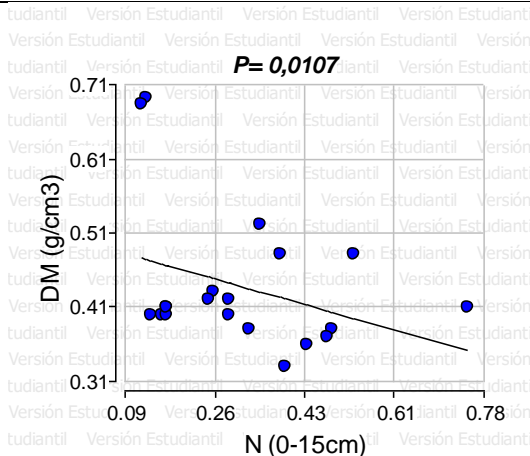
**Figura 12:** Dispersión entre el diámetro a la altura del pecho y el nitrógeno de 0-15cm.



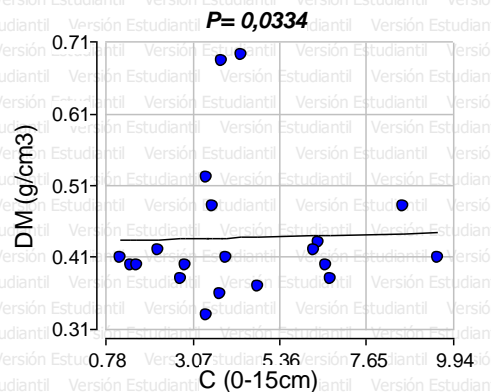
**Figura 13:** Dispersión entre el diámetro a la altura del pecho y el carbono de 0-15 cm



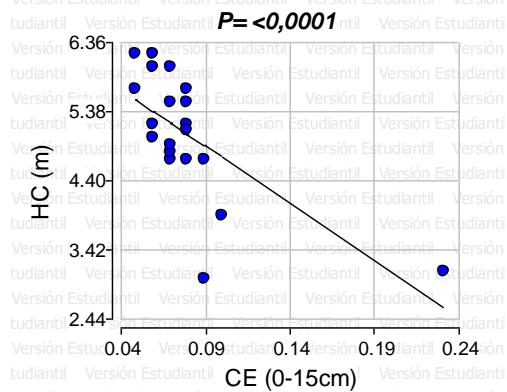
**Figura 14:** Dispersión entre la densidad de la madera y el pH de (0-15 cm).



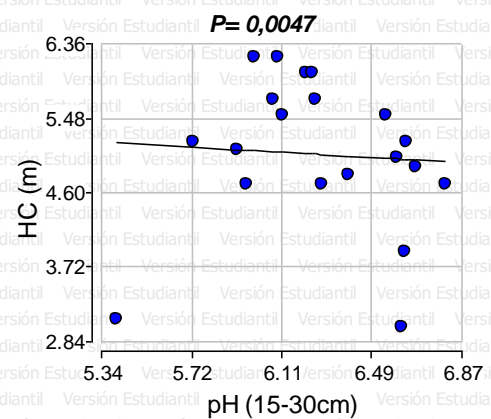
**Figura 15:** Dispersión entre la densidad de la madera y el nitrógeno de 0-15cm.



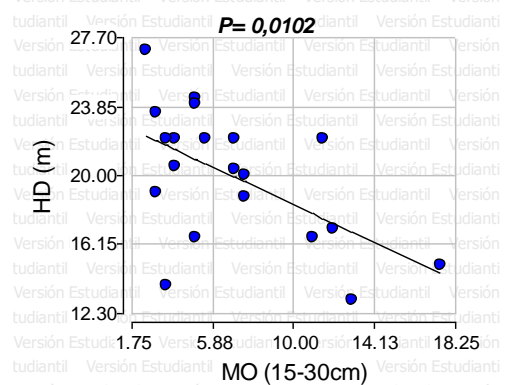
**Figura 16:** Dispersión entre la densidad de la madera y el carbono de 0-15cm.



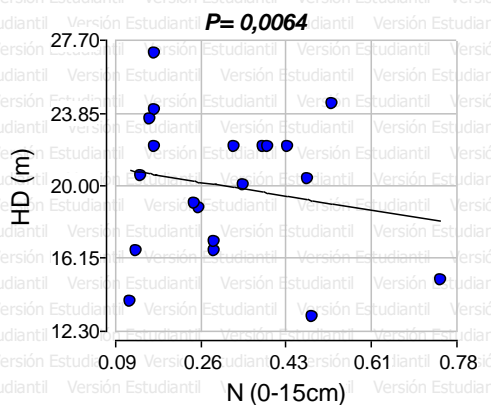
**Figura 17:** Dispersión entre la altura comercial y la conductividad eléctrica de 0-15cm



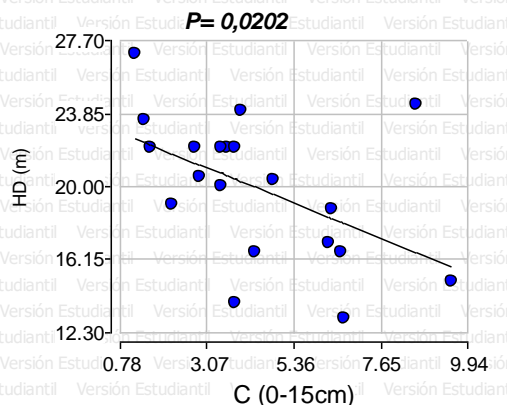
**Figura 18:** Dispersión entre la altura comercial y el pH de 15-30cm.



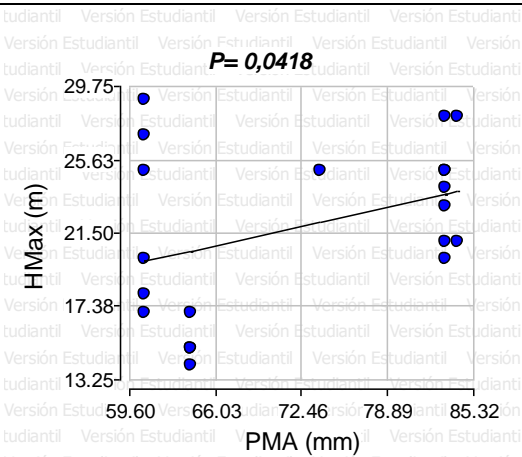
**Figura 19:** Dispersión entre la altura dominante y la materia orgánica de 15-30cm..



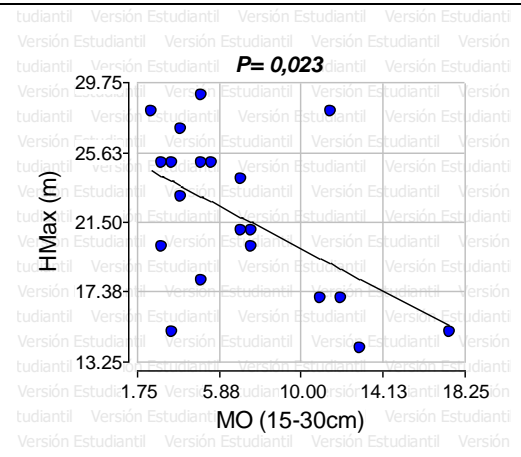
**Figura 20:** Dispersión entre la altura dominante y el nitrógeno de (0-15cm).



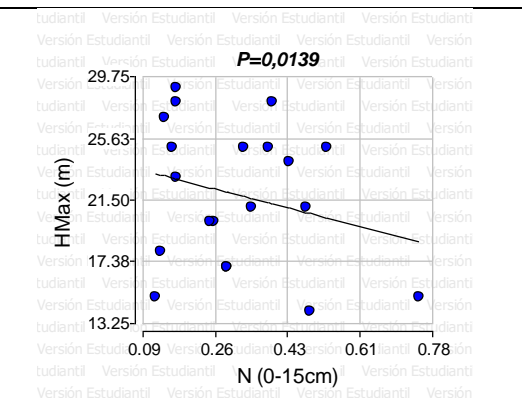
**Figura 21:** Dispersión entre la altura dominante y el carbono de 0-15cm.



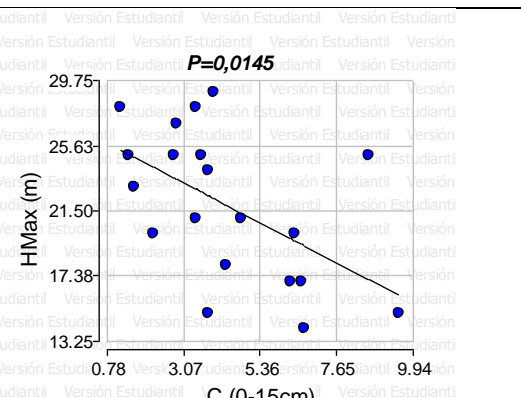
**Figura 22:** Dispersión entre la altura máxima y precipitación media anual.



**Figura 23:** Dispersión entre la altura máxima y la materia orgánica de 15-30cm.



**Figura 24:** Dispersión entre la altura máxima y el nitrógeno de (0-15cm).



**Figura 25:** Dispersión entre la altura máxima y el carbono de (0-15cm).





## 7. DISCUSIÓN

### 7.1 “Grupos funcionales en base a sus rasgos funcionales o características morfológicas”

Mediante los resultados obtenidos se logró identificar 3 grupo funcionales bien diferenciados. Estudios similares se han desarrollado en bosques andinos de la provincia de Pichincha en donde los rasgos funcionales han permitido identificar de la misma manera 3 grupos funcionales concordando con nuestra investigación (Ushiña & Villacis, 2018) Estos autores argumentan que las especies conservacionistas poseen la capacidad de adaptarse a entornos con baja disponibilidad de recursos. El primer grupo, identificado como especies conservacionistas poseen menor AF, menor AFE, y valores mayores en DM, GF, MS.

Las familias que registraron más de 10 especies y que destacaron fueron Moraceae, Lauraceae, Rubiaceae. Ante esto podemos describir que estas familias botánicas poseen en su mayoría especies con altos valores de DM lo que se les asocia con una mayor seguridad mecánica. Esto quiere decir que poseen mayor resistencia a la ruptura generando altas tasas de sobrevivencia y mayor longevidad (Santiago et al., 2004) siendo consideradas especies perennifolias, ya que estos grupos son dominantes en bosques con edades avanzadas de desarrollo(Aguirre et al., 2015).

El siguiente grupo funcional o especies adquisitivas presentan valores de rasgos contrarios al grupo uno, como mayor AFE, AF y valores menores en cuanto a DM, GF y MS. En este grupo funcional, el mayor número de especies pertenecen a las familias botánicas, Fabaceae, Meliaceae y Urticaceae. El último grupo reporta especies mixtas es decir que poseen valores intermedios o características de ambos grupos funcionales. En un estudio realizado por (Enríquez, 2017) indica que las especies de este TFP poseen un





alto potencial en el aporte de nutrientes y también un buen uso comercial de la madera.

## **7.2 “Rasgos funcionales de la vegetación de bosques andinos varían con los diferentes factores del clima y el suelo”**

Los resultados de la presente investigación muestran que las variables predictoras edáficas están altamente relacionadas con los rasgos funcionales. Al contrario de las variables ambientales ya que solo la precipitación media anual se relacionó con ciertos rasgos funcionales. De los caracteres analizados los que mostraron relación con las variables edáficas fueron, la altura máxima HMax, DAP y densidad de la madera que mostraron significancia en la mayoría de casos.

La reducción en el tamaño del área foliar AF generalmente se interpreta como una adaptación a la sequía y al alto grado de radiación (Cornelissen et al., 2003). Se ha observado que este rasgo tiene una relación positiva con la precipitación (Yates et al., 2010). Sin embargo, el análisis del modelo lineal mixto realizado demuestra que no existe relación entre los resultados mencionados. En el trabajo de (Galindo Segura, 2018) también se presentaron relaciones con la precipitación en relación con el área foliar; aquí a menor precipitación fue menor el área foliar. La reducción en el tamaño de la lámina foliar generalmente se interpreta como adaptaciones funcionales a la sequía y altas radiaciones (Givnish, 1987).

En cuanto a la correlación positiva y significativa entre el área foliar específica AFE y la precipitación media anual PMA, se consolida con la investigación realizada por (Gómez-Cañas, 2020) quien sugiere que esta relación es una señal adaptiva al ambiente. También en el estudio realizado por (Cornelissen et al., 2003) indica que existe una relación directa entre el área foliar específica con variables climáticas, en donde el aumento de precipitación tiende a desarrollar hojas más resistentes en plantas de

vegetación leñosa. Esto fue similar a nuestros resultados en donde el área foliar específica AFE fue mayor en las parcelas que presentaban mayor precipitación.

La precipitación media anual PMA se correlaciono con la altura máxima y el DAP que mostraron significancia estadística, lo cual concuerda con los resultados de (Pedraza, 2019). Resultados de este estudio mencionan que estos caracteres están asociados principalmente al crecimiento de la planta y asociaciones positivas con las condiciones climáticas. Si bien las plantas cuentan con estrategias adaptativas, su crecimiento dependerá de la energía con la que cuenten poder hacerlo (Taiz et al., 2017). Por ello las condiciones climáticas como temperatura y precipitación tendrán gran influencia dado que pueden ser factores de estrés que impliquen un gasto energético y de esta manera limiten el crecimiento de la planta.(Pedraza, 2019).

La relación positiva presente entre el AFE y la precipitación, podría explicarse a la necesidad que tienen las plantas que poseen una mayor área específica foliar (con mayores tasas de transpiración). Por lo tanto, poseen tallos capaces de transportar más agua (es decir, con mayor conductividad hidráulica), lo cual está relacionado con una menor densidad de la madera (Wright et al., 2004) Sin embargo, la DM no presentó relación alguna con la precipitación, lo cual se muestra mediante la relación negativa entre el AFE con la DM. Estas relaciones pueden estar fuertemente condicionada por el área geográfica de estudio, la escala espacial, la naturaleza y amplitud del gradiente ambiental muestreado o incluso las relaciones filo genéticas (García de la Riva et al., 2014).

La altura de los árboles se correlacionó con la materia orgánica, nitrógeno y el carbono. Las propiedades de la materia orgánica del suelo son influenciadas por el clima, la topografía, además el almacenamiento de C y N en el suelo varía de acuerdo con la



altura sobre el nivel del mar (Eyzaguirre, 2015).

El contenido de C es un reservorio importante para la fijación de C atmosférico, ante ello la relación C/N es un indicador de la acumulación continua de materia orgánica en los suelos (Eyzaguirre, 2015) Según nuestros resultados se inferencia que la materia orgánica es alta ya que el carbono y el nitrógeno se relacionó significativamente con la altura máxima HMax de los árboles. La biomasa aérea influye en una mayor captura de carbono y un correlativo ingreso de carbono en el suelo (Eyzaguirre, 2015). Ante ello se deduce un mayor porcentaje de carbono en las parcelas que presentaron mayor área foliar, DAP, altura máxima y dominante. Además, en toda el área de estudio el carbono presentó correlaciones significativas positivas con el grosor foliar y la densidad de la madera.

Las diferentes profundidades utilizadas en la toma de muestras de suelo, para los valores de salinidad, no muestran efectos o cambios sobre los rasgos funcionales AF, AFE, DM, GF, ya que nuestros resultados presentan valores despreciables, por lo tanto, los bosques estudiados no se ven influenciados por la conductividad eléctrica, por ello Aichholzer (2010) en la evaluación de páramos y zonas boscosas naturales concluye que los mismos no son influenciados significativamente por la conductividad eléctrica, esto se puede ver explicado en el trabajo de Rodríguez et al. (2006) que menciona una variabilidad temporal de la salinidad en distintas épocas ya que las lluvias provocan un flujo descendente del agua en el suelo y con él un lavado de sales que se ven apoyadas por las pendientes bastante pronunciadas.

## 8. CONCLUSIONES

En el presente estudio, mediante la agrupación de rasgos funcionales foliares se identificó tres grupos funcionales de plantas leñosas, claramente bien definidos. Así se



obtuvo el conglomerado o grupo uno, especies conservacionistas, en el conglomerado o grupo dos especies mixtas y en el conglomerado o grupo 3, especies adquisitivas.

De las variables predictoras, dentro de los topográficos la altitud presento una variación del 49 % dentro del área de estudio. . En cuanto a los valores edáficos los que presentaron mayor variabilidad fueron la MO (0 – 15cm) y (15 – 30cm), C y N (0-15cm) con un coeficiente de variación mayor al 50 %, y la CE (0 – 15cm) con una variabilidad de 47%.

De los rasgos funcionales, el diámetro a la altura del pecho DAP y la altura máxima Hmax, fueron los que mostraron mayores valores en las correlaciones. Las variables edáficas, el C y N mostraron estar fuertemente relacionados con la mayoría de rasgos como GF, DAP, DM, HD Y HMax. En el presente estudio también se muestra que la precipitación PMA, es un factor importante explicando la variación de los rasgos funcionales.

Con la información generada podemos concluir la importancia que los rasgos funcionales tienen, para el manejo de los bosques montanos, tomando en cuenta que son influenciados por el clima, topografía y suelos. Donde se registró 22 correlaciones significativas.



## 9. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, N., Eguiguren, P., Maita, J., Coronel, V., Samaniego, N., Ojeda-Luna, T., & Aguirre-Mendoza, Z. (2015). Vulnerabilidad al cambio climático en la región sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica. *Universidad Nacional de Loja y Servicio Forestal de los Estados Unidos. Loja, Ecuador.*
- Aichholzer, F., & Duran, W. (2010). Caracterización y comportamiento de un ecosistema de paramo bajo la influencia de bosque de pino (*Pinus patula*), bosque nativo, pajonal. *Dspace.*
- Alcázar, C., & Ramírez, W. (2011). El Uso de rasgos funcionales en flora como herramienta para establecer prioridades de conservación. *Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol localizadas en el Magdalena Medio y los Llanos Orientales de Colombia*, 215-222.
- Arellano, G., Cala, V., Fuentes, A., Cayola, L., Jørgensen, P., & Macía, M. (2016). A standard protocol for woody plant inventories and soil characterisation using temporary 0.1-ha plots in tropical forests. *Journal of Tropical Forest Science*, 508-516.
- Arellano Nicolás, E. (2015). Evaluación de diversidad taxonómica y funcional de lianas en el gradiente altitudinal Caribe-Villa Mills, Costa Rica.
- Baquero, F., Sierra, R., Ordóñez, L., Tipán, M., Espinosa, L., Rivera, M., & Soria, P. (2004). La vegetación de los Andes del Ecuador, memoria explicativa de los mapas de vegetación potencial y remanente de los Andes del Ecuador, a escala 250 000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras. *Quito Ec. Instituto Geográfico Militar.*
- Bucheli León, P. E. (2012). Evaluación de los rasgos funcionales radiculares de especies arbóreas en sistemas silvopastoriles en relación con el contenido de humedad del suelo en Rivas, Nicaragua.
- Buckman, H., & Brady, N. (1969). Some important physical properties of mineral soils, pp. 41-69. *The nature and properties of soils, 7th ed. The Macmillan Company, New York.*
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista peruana de Biología*, 12(2), 203-216.
- Casanoves, F., Pla, L., & Di Rienzo, J. A. (2011). Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. *Serie técnica, Informe técnico*, 384.
- Ceccon, E. (2014). *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. Ediciones Díaz de Santos.
- Chesson, P. (2000). Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual review of Ecology and Systematics*, 31(1), 343-366.
- Córdova-Tapia, F., & Zambrano, L. (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Revista Ecosistemas*, 24(3), 78-87.
- Cornelissen, J., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D., Reich, P., Ter Steege, H., Morgan, H., & Van Der Heijden, M. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian journal of Botany*, 51(4), 335-380.
- Cuenca, I. M. d. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del cantón Cuenca. *Municipalidad de Cuenca*, 98-99.



- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. J., & Balslev, H. (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador (con extracto de datos)*. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia ....
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, y. C. (2011). InfoStat versión 2011. *Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*. URL <http://www.infostat.com.ar>, 8, 195-199.
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin III, F. S., & Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biol*, 4(8), e277.
- Díaz, S. M., Gurvich, D. E., Pérez Harguindeguy, N., & Cabido, M. R. (2003). ¿ Quién necesita los tipos funcionales de plantas?
- Enríquez, V. (2017). *Grupos funcionales y su papel en la restauración de paisajes en la región sur del Ecuador* Tesis Ing. Med. Amb. Loja, EC, UNL].
- Estrella Bermeo, D. F. (2010). Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas.
- Eyzaguirre, I. L. (2015). Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo, Perú, 2013. *Revista ECIPerú*, 11(2), 9-9.
- Fadrique, B., & Homeier, J. (2016). Elevation and topography influence community structure, biomass and host tree interactions of lianas in tropical montane forests of southern Ecuador. *Journal of vegetation science*, 27(5), 958-968.
- Fisher, J. B., Malhi, Y., Torres, I. C., Metcalfe, D. B., van de Weg, M. J., Meir, P., Silva-Espejo, J. E., & Huasco, W. H. (2013). Nutrient limitation in rainforests and cloud forests along a 3,000-m elevation gradient in the Peruvian Andes. *Oecologia*, 172(3), 889-902.
- Flynn, D. F., Gogol-Prokurat, M., Nogeire, T., Molinari, N., Richers, B. T., Lin, B. B., Simpson, N., Mayfield, M. M., & DeClerck, F. (2009). Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology letters*, 12(1), 22-33.
- Gadow, K. V., Sánchez, O., & Álvarez, J. (2007). Estructura y crecimiento del bosque. *Göttingen, Alemania: Universidad de Göttingen*.
- Galindo Segura, L. A. (2018). Variación intraespecífica de rasgos funcionales de *Cedrela odorata* sobre un gradiente climático en la Península de Nicoya, Costa Rica.
- Garavito, N. T., Álvarez, E., Caro, S. A., Murakami, A. A., Blundo, C., Espinoza, T. B., Cuadros, M. L. T., Gaviria, J., Gutiérrez, N., & Jørgensen, P. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Revista Ecosistemas*, 21(1-2).
- García de la Riva, E., Pérez-Ramos, I. M., Navarro-Fernández, C. M., Olmo, M., Marañón, T., & Villar Montero, R. (2014). Rasgos funcionales en el género *Quercus*: estrategias adquisitivas frente a conservativas en el uso de recursos.
- Gentry, A. H., & Dodson, C. (1987). Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest. *Biotropica*, 149-156.
- Givnish, T. J. (1987). Comparative studies of leaf form: assessing the relative roles of selective pressures and phylogenetic constraints. *New phytologist*, 106, 131-160.
- Gómez-Cañas, L.-J. (2020). Variación natural en el área foliar específica (SLA) de olivo: efectos genéticos y ambientales.
- Gradstein, S., Van Reenen, G., & Griffin III, D. (1989). Species richness and origin of the bryophyte flora of the Colombian Andes. *Acta Botanica Neerlandica*, 38(4), 439-448.



- [Record #29 is using a reference type undefined in this output style.]
- Kvist, L. P., Aguirre, Z., & Sánchez, O. (2006). Bosques montanos bajos occidentales en Ecuador y sus plantas útiles. *La Paz: Botánica Económica de los Andes Centrales Universidad Mayor de San Andrés*, 205-223.
- López Iglesias, B. (2015). *Rasgos funcionales y su relación con el funcionamiento de las plantas* Universidad de Córdoba].
- Lozano, P., Bussmann, R., & Küppers, M. (2007). Diversidad florística del bosque montano en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus, Sur del Ecuador y su influencia en la flora pionera en deslizamientos naturales. *Revista Científica UDO Agrícola*, 7(1), 142-159.
- Navarro Fernandez , C., De la Riva, E., Vera , J., Tosto, A., Olmo, M., Perez Ramos , I., Villar, R., & Marañón, T. (2012). *Diversidad funcional de rasgos radiculares y grado de micorrización de especies leñosas mediterráneas a lo largo de un gradiente de disponibilidad de recursos edáficos*.
- Negret, B. E. S. (2016). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Ortiz, J., Hernández, L., & Schongart, J. (2017). Crecimiento y rasgos funcionales de especies arbóreas en un bosque nublado tropical al sudeste de Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica*, 40(2), 175-210.
- Ozinaca, O., Carrilla, J., Malizia, A., & Baez, S. (2016). Respuesta de los bosques andinos a los grandes cambios globales.
- Palacios, B., Mendoza, Z. A., Lozano, D., & Yaguana, C. (2016). Riqueza, estructura y diversidad arbórea del bosque montano bajo, Zamora Chinchipe-Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 6(2).
- Pedraza, S. S. (2019). *Evaluando caracteres funcionales de plantas en páramo y su relación con factores climáticos* Universidad del Rosario].
- Pérez Almario, N., Ibrahim, M., Villanueva, C., Skarpe, C., & Guerin, H. (2013). Diversidad forrajera tropical 2. Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas.
- Pulido, C. R. M. (2016). *Cuantificación del carbono orgánico en el suelo bajo dos tipos de uso en el ecosistema del páramo de Sumapaz, Cundinamarca (Colombia)* Universidad Católica de Avila].
- Rodríguez, R., Moreno, J., Díaz, J., & Larreal, M. (2006). Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia durante un período de dos años. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(4), 395-406.
- Ruíz Molina, J. (2015). Grupos funcionales de plantas con potencial para la restauración ecológica de manantiales de agua en la microcuenca de la Laguna de Pedro Palo y sus alrededores, Cundinamarca-Colombia. *Departamento de Biología*.
- Salmerón López, A., González Rodríguez, A., & Geada López, G. (2016). Tipos funcionales de plantas según su respuesta a las perturbaciones en un bosque semideciduo micrófilo costero de Cuba Oriental. *Bosque (Valdivia)*, 37(1), 135-145.
- Santiago, L. S., Goldstein, G., Meinzer, F. C., Fisher, J. B., Machado, K., Woodruff, D., & Jones, T. (2004). Leaf photosynthetic traits scale with hydraulic conductivity and wood density in Panamanian forest canopy trees. *Oecologia*, 140(4), 543-550.





- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental* *Fundamental methods of mathematical economics*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF, Quito (Ecuador) EcoCiencia, Quito (Ecuador).
- Svenning, J.-C. (2001). Environmental heterogeneity, recruitment limitation and the mesoscale distribution of palms in a tropical montane rain forest (Maquipucuna, Ecuador). *Journal of Tropical Ecology*, 17(1), 97-113.
- Swenson, N. G., & Enquist, B. J. (2008). The relationship between stem and branch wood specific gravity and the ability of each measure to predict leaf area. *American Journal of Botany*, 95(4), 516-519.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiología e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.
- Tardieu, F. (2005). Plant tolerance to water deficit: physical limits and possibilities for progress. *Comptes Rendus Geoscience*, 337(1-2), 57-67.
- Ushiña, K., & Villacis, J. (2018). Caracterización funcional de especies arbóreas de un bosque andino y sus implicaciones con el manejo sostenible. *Quito-Sangolquí, Ecuador*.
- Vásquez-Valderrama, M., & Solorza-Bejarano, J. (2018). Agrupación funcional de especies vegetales para la restauración ecológica de ecosistemas de montaña, Bogotá, Colombia. *Colombia Forestal*, 21(1), 5-17.
- Villamarín-Cortez, S. (2009). Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito.
- Villar, R., Ruiz-Robledo, J., Quero, J. L., Poorter, H., Valladares, F., & Marañón, T. (2004). Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*, 191-227.
- Wright, I. J., Reich, P. B., Westoby, M., Ackerly, D. D., Baruch, Z., Bongers, F., Cavender-Bares, J., Chapin, T., Cornelissen, J. H., & Diemer, M. (2004). The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*, 428(6985), 821-827.
- Yates, M. J., Anthony Verboom, G., Rebelo, A. G., & Cramer, M. D. (2010). Ecophysiological significance of leaf size variation in Proteaceae from the Cape Floristic Region. *Functional Ecology*, 24(3), 485-492.
- Zelada Gárate, H. (2018). Área foliar y densidad básica en ramas de especies arbóreas en gradientes altitudinales de un bosque húmedo tropical en Huánuco.





## 10. ANEXOS

**Anexo 1.** Especies y familias botánicas pertenecientes a los diferentes grupos funcionales registrada, en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, dentro de la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.

Especie	Familia	Autor	Conservacionistas	Adquisitivas	Mixtas
<i>Abarema killipii</i>	Fabaceae	(Britton & Rose ex Britton & Killip) Barneby & J.W. Grimes	X		
<i>Aegiphylla integrifolia</i>	Lamiaceae	(Jacq.) B.D. Jacks	X		
<i>Aegiphylla novogranatensis</i>	Lamiaceae	(Jacq.) B.D. Jacks	X		
<i>Aiouea dubia</i>	Lauraceae	(Kunth) Mez	X		
<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	Poit. & Baill.	X		
<i>Alchornea triplinervia</i>	Euphorbiaceae	Poit. & Baill.	X		
<i>Alchorneopsis floribunda</i>	Euphorbiaceae	(Benth.) Müll. Arg.	X		
<i>Allophylus psilospermus</i>	Sapindaceae	Radlk.	X		
<i>Allophylus racemosus</i>	Sapindaceae	Sw.	X		
<i>Aniba flexuosa</i>	Lauraceae	A.C. Sm.			X
<i>Aniba riparia</i>	Lauraceae	(Nees) Mez	X		
<i>Annona duckei</i>	Annonaceae	Diels	X		
<i>Aparisthium cordatum</i>	Euphorbiaceae	(A. Juss.) Baill.		X	
<i>Ardisia guianensis</i>	Primulaceae	(Aubl.) Mez	X		
<i>Banara guianensis</i>	Salicaceae	(Aubl.) Mez		X	
<i>Banara nitida</i>	Salicaceae	Spruce ex Benth.	X		
<i>Batocarpus orinocensis</i>	Moraceae	Spruce ex Benth.	X		



<i>Begonia parviflora</i>	Begoniaceae	Schott		X
<i>Beilschmiedia towarensis</i>	Lauraceae	(Klotzsch & H. Karst. ex Meisn.)	X	
<i>Beilschmiedia costaricensis</i>	Lauraceae	(Mez & Pittier) C.K. Allen	X	
<i>Berberis lehmannii</i>	Loranthaceae	Schott		X
<i>Besleria reticulata</i>	Gesneriaceae	CV Morton	X	
<i>Bohemeria spX.</i>	Urticaceae	Fritsch		X
<i>Bunchosia argentea</i>	Malpighiaceae	C.V. Morton	X	
<i>Calatola costaricensis</i>	Metteniusaceae	Standl.	X	
<i>Calyptranthes maxima</i>	Myrtaceae	Standl.		X
<i>Carapa guianensis</i>	Metteniusaceae	Aubl.		X
<i>Casearia decandra</i>	Salicaceae	Aubl.	X	
<i>Casearia mariquilensis</i>	Salicaceae	Aubl.	X	
<i>Castilla elastica</i>	Moraceae	Jacq.		X
<i>Castilleja elongata</i>	Orobanchaceae	Jacq.		X
<i>Cecropia andina</i>	Urticaceae	Kunth		X
<i>Cecropia montana</i>	Urticaceae	Warb. ex Snethl.		X
<i>Cecropia peltata</i>	Urticaceae	Warb. ex Snethl.		X
<i>Cecropia sciadophylla</i>	Urticaceae	Mart.		X
<i>Centropogon spX.</i>	Campanulaceae	L.		X
<i>Cestrum racemosum</i>	Solanaceae	Mart.	X	
<i>Cestrum megalophyllum</i>	Solanaceae	C. Presl	X	
<i>Chrysochlamys bracteolata</i>	Clusiaceae	Ruiz & Pav.	X	
<i>Citronella melliodora</i>	Lauraceae	Dunal	X	
<i>Citronella silvatica</i>	Meliaceae	(J.F. Macbr.) R.A. Howard	X	



<i>Citronella incarum</i>	Cardiopteridaceae	(J.F. Macbr.) R.A. Howard	X	
<i>Clarisia biflora</i>	Moraceae	Ruiz & Pav	X	
<i>Clidemia septuplinervia</i>	Melastomataceae	Ruiz & Pav.	X	
<i>Clitoria brachystegia</i>	Fabaceae	Ruiz & Pav.	X	
<i>Clusia dixonii</i>	Clusiaceae	Ruiz & Pav.		X
<i>Clusia elliptica</i>	Clusiaceae	Cogn.		X
<i>Clusia flavida</i>	Moraceae	(Benth.) Pipoly		X
<i>Clusia penduliflora</i>	Clusiaceae	(Benth.) Pipoly		X
<i>Clusia alata</i>	Clusiaceae	(Benth.) Pipoly		X
<i>Clusia fructiangusta</i>	Clusiaceae	(Benth.) Pipoly		X
<i>Clusia weberbaueri</i>	Clusiaceae	Planch. & Triana		X
<i>Coccoloba mollis</i>	Polygonaceae	(Benth.) Pipoly	X	
<i>Cordia polyantha</i>	Cordiaceae	(Benth.) Pipoly	X	
<i>Coussapoa villosa</i>	Urticaceae	Casar.	X	
<i>Crematosperma pedunculatum</i>	Annonaceae	villosa		X
<i>Croton abutiloides</i>	Euphorbiaceae	Poepp. & Endl.	X	
<i>Cupania cinerea</i>	Sapindaceae	Kunth	X	
<i>Cyathea pallescens</i>	Cyatheaceae	Poepp.		X
<i>Cyphomandra hartwegii</i>	Solanaceae	(Sodiro) Domin	X	
<i>Dacryodes occidentalis</i>	Burseraceae	Cuatrec.		X
<i>Dacryodes peruviana</i>	Burseraceae	Cuatrec.	X	
<i>Dendropanax macrophyllus</i>	Fabaceae	Cuatrec.		X
<i>Dendrophorbium lloense</i>	Asteraceae	(Hieron. ex Sodiro)	X	



<i>Duranta triacantha</i>	Verbenaceae	Juss.	X	
<i>Duroia duckei</i>	Rubiaceae	Huber		X
<i>Dussia lehmannii</i>	Fabaceae	Harms		X
<i>Elaeagia karstenii</i>	Rubiaceae	Standl.		X
<i>Elaeagia obovata</i>	Rubiaceae	K. Schum. ex Standl.	X	
<i>Elaeagia sp.</i>	Rubiaceae		X	
<i>Elaeagia utilis</i>	Rubiaceae	Nees	X	
<i>Endlicheria sericea</i>	Lauraceae	Nees		X
<i>Endlicheria canescens</i>	Lauraceae	Chanderb.	X	
<i>Endlicheria formosa</i>	Lauraceae	Triana ex Micheli		X
<i>Erythrina edulis</i>	Fabaceae	Willd.		X
<i>Erythrina reticulata</i>	Fabaceae	Willd.		X
<i>Erythrina velutina</i>	Fabaceae	Willd.		X
<i>Erythroxylum fimbriatum</i>	Erythroxylaceae	R. Knuth		X
<i>Eschweilera caudiculata</i>	Lecythidaceae	DC.		X
<i>Eugenia florida</i>	Myrtaceae	Daños	X	
<i>Faramea anisocalyx</i>	Rubiaceae	Müll. Arg.	X	
<i>Faramea eurycarpa</i>	Rubiaceae	Müll. Arg.	X	
<i>Faramea capillipes</i>	Rubiaceae	Poepp. & Endl.	X	
<i>Faramea occidentalis</i>	Rubiaceae	Mill.	X	
<i>Ficus citrifolia</i>	Moraceae	Dugand	X	
<i>Ficus rieberiana</i>	Moraceae	Dugand	X	
<i>Ficus tonduzii</i>	Moraceae	Dugand	X	
<i>Ficus americana subsp. Guianensis</i>	Moraceae	Willd.	X	
<i>Ficus cervantesiana</i>	Moraceae	Dugand	X	



<i>Ficus cuatrecasasiana</i>	Moraceae	Dugand	X	
<i>Ficus insipida</i>	Moraceae	Standl.	X	
<i>Ficus maxima</i>	Moraceae	Standl.	X	
<i>Ficus membranacea</i>	Moraceae	Standl.		X
<i>Ficus mutisii</i>	Moraceae	Standl.	X	
<i>Ficus nymphaeifolia</i>	Moraceae	Standl.	X	
<i>Ficus sp4.</i>	Moraceae	Standl.	X	
<i>Freziera verrucosa</i>	Pentaphylacaceae	Standl.		X
<i>Garcinia intermedia</i>	Clusiaceae	(Pittier) Hammel		X
<i>Geissanthus fragrans</i>	Primulaceae	Pipoly	X	
<i>Geissanthus ecuadorensis</i>	Primulaceae	Mez	X	
<i>Geissanthus vanderwerffii</i>	Primulaceae	Pipoly		X
<i>Graffenrieda sp.</i>	Melastomataceae	Pipoly	X	
<i>Grias peruviana</i>	Lecythidaceae	Pipoly		X
<i>Guarea guidonia</i>	Meliaceae	(L.) Sleumer		X
<i>Guarea kunthiana</i>	Meliaceae	(L.) Sleumer	X	
<i>Guarea glabra</i>	Meliaceae	(L.) Sleumer	X	
<i>Guatteria glauca</i>	Annonaceae	(L.) Sleumer	X	
<i>Guatteria chrysophylla</i>	Annonaceae	(L.) Sleumer	X	
<i>Guettarda spX.</i>	Rubiaceae	A. Juss.	X	
<i>Gustavia johnclarkii</i>	Rubiaceae			X
<i>Gynoxys chagalensis</i>	Asteraceae	Hieron.	X	
<i>Hedyosmum goudotianum</i>	Chloranthaceae	Solms		X
<i>Hedyosmum luteynii</i>	Chloranthaceae	Todzia		X
<i>Hedyosmum racemosum</i>	Piperaceae	Todzia	X	
<i>Heisteria acuminata</i>	Olacaceae	(Ruiz & Pav.) G. Don		X



<i>Heliocarpus americanus</i>	Malvaceae	L.		X
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	Phyllanthaceae	L.	X	
<i>Hyeronima asperifolia</i>	Phyllanthaceae	Pax & K. Hoffm.	X	
<i>Identificada</i>	0	Pax & K. Hoffm.		X
<i>Ilex nervosa</i>	Aquifoliaceae	Triana	X	
<i>Indeterminada</i>	Indeterminada		X	
<i>Inga acreana</i>	Fabaceae	Harms		X
<i>Inga capitata</i>	Fabaceae	Desv.		X
<i>Inga fendleriana</i>	Fabaceae	Desv.	X	
<i>Inga multicaulis</i>	Fabaceae	Benth.	X	
<i>Inga oerstediana</i>	Fabaceae	Willd.		X
<i>Inga fendleriana</i>	Fabaceae	Willd.		X
<i>Inga nobilis</i>	Fabaceae	Willd.		X
<i>Inga spectabilis</i>	Fabaceae	Benth. ex Seem.		X
<i>Iryanthera juruensis</i>	Myristicaceae	(Vahl) Willd.		X
<i>Juglans neotropica</i>	Salicaceae	Warb.		X
<i>Lacistema aggregatum</i>	Lacistemataceae	(P.J. Bergius) Rusby	X	
<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	Rubiaceae	(Humb. ex Mutis) L. Andersson		X
<i>Ladenbergia pavonii</i>	Rubiaceae	(Lamb.) Standl.		X
<i>Ladenbergia riveroana</i>	Rubiaceae	(Miércoles) Standl.	X	
<i>Lepidaploa canescens</i>	Myricaceae	(Kunth) H. Rob.	X	
<i>Lozania klugii</i>	Lacistemataceae		X	
<i>Mabea mitida</i>	Euphorbiaceae	Spruce ex Benth.	X	
<i>Maclura tinctoria</i>	Moraceae	Spruce ex Benth.	X	
<i>Maquira guianensis</i>	Moraceae	(L.) D. Don ex Steud.	X	
<i>Marila pluricostata</i>	Calophyllaceae	Aubl.		X



<i>Matisia cordata</i>	Malvaceae	Bonpl.		X
<i>Matisia malacocalyx</i>	Malvaceae	Bonpl.	X	
<i>Mauria heterophylla</i>	Anacardiaceae	Kunth	X	
<i>Meriania tomentosa</i>	Melastomataceae	Kunth		X
<i>Metteniusa tessmanniana</i>	Metteniusaceae	Kunth		X
<i>Miconia longifolia</i>	Melastomataceae	(Cogn.) Wurdack	X	
<i>Miconia morado</i>	Melastomataceae		X	
<i>Miconia quadripora</i>	Melastomataceae	Wurdack	X	
<i>Miconia calvescens</i>	Chloranthaceae	Wurdack	X	
<i>Miconia grandiflora</i>	Melastomataceae	Wurdack	X	
<i>Miconia littlei</i>	Melastomataceae	(Aubl.) DC.	X	
<i>Miconia sp.</i>	Melastomataceae	Wurdack	X	
<i>Miconia theaezans</i>	Melastomataceae	Wurdack	X	
<i>Mollinedia latifolia</i>	Monimiaceae	(Poepp. & Endl.) Tul.	X	
<i>Monnina hirta</i>	Polygalaceae	(Poepp. & Endl.) Tul.	X	
<i>Morella interrupta</i>	Myricaceae	(Benth.) Lægaard		X
<i>Morus insignis</i>	Moraceae	(Benth.) Lægaard	X	
<i>Myrcia aliena</i>	Myrtaceae	(Benth.) Lægaard	X	
<i>Myrcia crassimarginata</i>	Myrtaceae	Bureau		X
<i>Myrcia fallax</i>	Myrtaceae	(Rich.) DC.		X
<i>Myrcianthes discolor</i>	Myrtaceae	(Kunth) McVaugh		X
<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	Myrtaceae	(Kunth) McVaugh		X
<i>Myriocarpa stipitata</i>	Urticaceae	Benth.	X	
<i>Myrsine sodiroana</i>	Primulaceae	(Gómez-Cañas, #55) Pipoly	X	
<i>Myrsine andina</i>	Primulaceae	Benoist	X	
<i>Naucleopsis chiguila</i>	Moraceae	Klotzsch ex Nees	X	



<i>Nectandra laurel</i>	Meliaceae	Ruiz & Pav.) Mez	X	
<i>Nectandra pearcei</i>	Lauraceae	Ruiz & Pav.) Mez		X
<i>Nectandra purpurea</i>	Lauraceae	Ruiz & Pav.) Mez	X	
<i>Nectandra reticulata</i>	Lauraceae	(Sw.) Griseb.	X	
<i>Nectandra tomentosa</i>	Lauraceae	Ruiz & Pav.) Mez	X	
<i>Nectandra membranacea</i>	Lauraceae	Spruce ex J.A.Schmidt	X	
<i>Neea ovalifolia</i>	Nyctaginaceae	Daños	X	
<i>Oreopanax corazonensis</i>	Araliaceae	Ducke	X	
<i>Oreopanax sp.</i>	Araliaceae			X
<i>Ormosia stipularis</i>	Fabaceae	Ducke	X	
<i>Ossaea boekei</i>	Melastomataceae	(Ducke) W.A. Rodrigues & T.S. Jaram.	X	
<i>Otoba glycycarpa</i>	Myristicaceae	(Ducke) W.A. Rodrigues & T.S. Jaram.	X	
<i>Otoba novogranatensis</i>	Myristicaceae	Moldenke		X
<i>Otoba parvifolia</i>	Myristicaceae	(Markgr.) A.H. Gentry	X	
<i>Otoba gordoniiifolia</i>	Myristicaceae	(Ruiz & Pav.) DC	X	
<i>Otoba sp2.</i>	Myristicaceae	(Ruiz & Pav.) DC	X	
<i>Palicourea amethystina</i>	Rubiaceae	(Ruiz & Pav.) DC	X	
<i>Panopsis sessilifolia</i>	Proteaceae	(Rich.)		X
<i>Parathesis adenanthera</i>	Primulaceae	(Miq.) Hook. f. ex Mez	X	
<i>Peperomia obtusifolia</i>	Piperaceae	Tul.	X	
<i>Perebea spX.</i>	Moraceae	J.F. Macbr.		X
<i>Persea mutisii</i>	Lauraceae	J.F. Macbr.	X	
<i>Persea pseudofasciculata</i>	Lauraceae	Tul.		X
<i>Picramnia latifolia</i>	Picramniaceae	C. DC.		X





<i>Picramnia juniniana</i>	Picramniaceae	J.F. Macbr.	X	
<i>Piper arboreum</i>	Piperaceae	Kunth	X	
<i>Piper augustum</i>	Piperaceae	Rudge		X
<i>Piper auritum</i>	Piperaceae	Kunth		X
<i>Piper bogotense</i>	Piperaceae	C. DC.		X
<i>Piper bullosum</i>	Piperaceae	Kunth	X	
<i>Piper fuliginosum</i>	Piperaceae	L.		X
<i>Piper marginatum</i>	Piperaceae	L.	X	
<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	(Kunth) Pruski	X	
<i>Pisonia aculeata</i>	Nyctaginaceae	L.		X
<i>Pisonia spX.</i>	Nyctaginaceae			X
<i>Pleurothyrium poeppigii</i>	Lauraceae	Standl.	X	
<i>Poulsenia armata</i>	Moraceae	T.D. Penn.	X	
<i>Pouteria baehniana</i>	Sapotaceae	Moch.	X	
<i>Pouteria torta</i>	Sapotaceae	(Mart.) Radlk.		X
<i>Pradosia montana</i>	Sapotaceae	T.D. Penn.	X	
<i>Protium nodulosum</i>	Burseraceae	Trécul		X
<i>Pseudolmedia eggersii</i>	Moraceae	Sw.		X
<i>Pseudolmedia laevigata</i>	Moraceae	Sw.	X	
<i>Psychotria brachiata</i>	Rubiaceae	(Benth.) Pipoly	X	
<i>Psychotria gentryi</i>	Rubiaceae	(Benth.) Pipoly	X	
<i>Randia calycina</i>	Rubiaceae	Cham.		X
<i>Randia spX.</i>	Rubiaceae	(Benth.) Pipoly	X	
<i>Remigia sp.</i>	Rubiaceae			X
<i>Rhodostemonodaphne spX.</i>	Lauraceae		X	
<i>Rhodostemonodaphne</i>	Lauraceae	(Jacq.) Baill.	X	



<i>kunthiana</i>				
<i>Rollinia andicola</i>	Annonaceae	Maas & Westra	X	
<i>Rollinia mucosa</i>	Annonaceae	(Jacq.) Baill.	X	
<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	H. Karst.		X
<i>Ruagea pubescens</i>	Meliaceae	(L.) Morong		X
<i>Sapium glandulosum</i>	Moraceae	Huber	X	
<i>Sapium marmieri</i>	Primulaceae	Huber		X
<i>Saurauia peruviana</i>	Actinidiaceae	Kunth.	X	
<i>Saurauia bullosa</i>	Actinidiaceae	Hieron.		X
<i>Siparuna eggersii</i>	Siparunaceae	Hieron.	X	
<i>Sloanea castanocarpa</i>	Elaeocarpaceae	Triana & Planc		X
<i>Sloanea rufa</i>	Phyllanthaceae	S. Knapp		X
<i>Solanum aphyodendron</i>	Guettarda	S. Knapp	X	
<i>Solanum hypacrarthrum</i>	Solanaceae	(Baill.) J.F. Macbr.	X	
<i>Solanum phyodendron</i>	Solanaceae	W.C. Burger	X	
<i>Sorocea pubivena</i>	Moraceae	W.C. Burger		X
<i>Sorocea spX.</i>	Moraceae	W.C. Burger	X	
<i>Sorocea sprucei</i>	Moraceae	W.C. Burger	X	
<i>Sorocea trophoides</i>	Moraceae	W.C. Burger	X	
<i>Stachyarrhena spX.</i>	Rubiaceae	Sleumer	X	
<i>Styrax subargenteus</i>	Styracaceae	Sleumer	X	
<i>Syphocampylus pubescens</i>	Campanulaceae	(L.) Alston	X	
<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i>	Apocynaceae	Seem.	X	
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	Euphorbiaceae	Müll. Arg.	X	



<i>Tetrorchidium macrophyllum</i>	Euphorbiaceae	Müll. Arg.	X	
<i>Trichilia clausenii</i>	Meliaceae	Klotzsch ex C. DC.		X
<i>Trichilia elegans</i>	Meliaceae	A. Juss.		X
<i>Trichilia guianensis</i>	Meliaceae	Klotzsch ex C. DC.	X	
<i>Trichilia martiana</i>	Meliaceae	Sw.		X
<i>Trichilia obovata</i>	Meliaceae	W. Palacios	X	
<i>Trichilia pallida</i>	Meliaceae	(Sw.) G. Don		X
<i>Trichilia septentrionalis</i>	Meliaceae	(Sw.) G. Don		X
<i>Turpinia occidentalis</i>	Staphyleaceae	(Poir.) Gaudich.		X
<i>Urera caracasana</i>	Urticaceae	(Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	X	
<i>Urera alceifolia</i>	Urticaceae	S.F. Blake		X
<i>Verbesina pentantha</i>	Lauraceae	S.F. Blake	X	
<i>Verbesina sp.</i>	Asteraceae	Benth.	X	
<i>Verbesina sp2.</i>	Asteraceae	Benth.	X	
<i>Viburnum spX.</i>	Viburnaceae	Benth.	X	
<i>Viburnum triphyllum</i>	Viburnaceae	(Benth.) Warb.	X	
<i>Virola elongata</i>	Myristicaceae	(Benth.) Warb.	X	
<i>Virola obovata</i>	Myristicaceae	Abeto ex Reichardt	X	
<i>Vismia confertiflora</i>	Hypericaceae	Hypericaceae	X	



*Anexo 2. Variables fisiográficas obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.*

<b>Variables fisiográficas</b>					
<b>Localidad</b>	<b>Parcela</b>	<b>Coor_X</b>	<b>Coor_Y</b>	<b>Altitud (m.snm)</b>	<b>Pendiente (%)</b>
<b>Bosque montano bajo</b>	1	676069	9679416	1997	41
<b>Bosque montano bajo</b>	2	673415	9674553	1790	36
<b>Bosque montano bajo</b>	3	672504	9678502	1714	47
<b>Bosque montano bajo</b>	4	673567	9775210	1747	51
<b>Bosque montano bajo</b>	5	673293	9675313	1847	69
<b>Bosque montano bajo</b>	6	673151	9675513	1918	66
<b>Bosque montano bajo</b>	7	673307	9675752	1793	47
<b>Bosque montano bajo</b>	8	678204	9677737	1970	35
<b>Bosque montano bajo</b>	9	676074	9679104	1940	70
<b>Bosque montano bajo</b>	10	678424	9678330	1973	31



<b>Bosque pie montano</b>	11	664422	96811001	711	70
<b>Bosque pie montano</b>	12	665824	9680067	718	80
<b>Bosque pie montano</b>	13	665533	9650284	731	48
<b>Bosque pie montano</b>	14	666131	9679857	763	43
<b>Bosque pie montano</b>	15	667687	9679937	778	54
<b>Bosque pie montano</b>	16	661249	9680418	525	47
<b>Bosque pie montano</b>	17	666438	9679705	731	80
<b>Bosque pie montano</b>	18	666635	9679546	682	65
<b>Bosque pie montano</b>	19	662570	9680230	485	47
<b>Bosque pie montano</b>	20	661102	9680135	568	58

*Anexo 3. Rasgos funcionales obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas*

<b>Rasgos Funcionales</b>						
<b>Tipo de bosque</b>	<b>Parcela</b>	<b>Área foliar (AF) (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área foliar específica (AFE) (mm<sup>2</sup>/g)</b>	<b>Densidad de la madera (DM) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Grosor foliar (GF) (Pérez Almario, #36)</b>	<b>Materia seca (MS) (gg<sup>-1</sup>).</b>
Bosque montano bajo	1	11822,8	13,4	0,4	0,2	0,3
Bosque montano bajo	2	11537,1	12,8	0,4	0,2	0,3

Bosque montano bajo	3	24360,5	13,3	0,4	0,1	0,4
Bosque montano bajo	4	13106,5	12,8	0,5	0,2	0,3
Bosque montano bajo	5	8378,2	11,5	0,7	0,2	0,4
Bosque montano bajo	6	11743,5	12,5	0,4	0,2	0,3
Bosque montano bajo	7	12168,3	15,1	0,4	0,1	0,7
Bosque montano bajo	8	8824,9	16,8	0,4	0,1	0,3
Bosque montano bajo	9	13279,6	15,1	0,7	0,1	0,3
Bosque montano bajo	10	11237,1	17,2	0,4	0,1	0,3
Bosque pie montano	11	39158,7	19,6	0,4	0,1	0,3
Bosque pie montano	12	27566,0	18,7	0,5	0,1	0,3
Bosque pie montano	13	31248,5	19,8	0,4	0,1	0,3
Bosque pie montano	14	25002,5	22,2	0,4	0,1	0,3
Bosque pie montano	15	28283,0	21,7	0,4	0,1	0,2
Bosque pie	16	27478,4	20,0	0,5	0,1	0,4

montano						
Bosque pie montano	17	25058,4	13,6	0,3	0,1	0,3
Bosque pie montano	18	57205,1	16,2	0,4	0,1	0,4
Bosque pie montano	19	27231,0	19,4	0,4	0,1	0,3
Bosque pie montano	20	36522,5	27,5	0,4	0,1	0,23

**Anexo 4:** Prueba *t* y medias de los rasgos funcionales registrados en dos tipos de bosques: Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.

Rasgo	Bosque montano bajo	Bosque pie montano	t	P
Area Foliar (AF) (mm <sup>2</sup> )	12645,9	32475,4	-5,8	0,0001
Grosor Foliar (GF) (Pérez Almaro, #36)	0,2	0,1	4,2	0,0005
Área foliar específica (AFE) (mm <sup>2</sup> /g)	14,1	19,9	-4,4	0,0003
Materia seca (MS) (gg <sup>-1</sup> )	0,4	0,3	1,6	0,1314
Densidad de la madera (g/cm <sup>3</sup> )	0,5	0,4	1,5	0,1473
Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)	9	10,4	-1,99	0,0680
Altura total (Wright et al.) (m)	7,4	7,8	-1,2	0,2409

Altura comercial (HC) (m)	4,6	5,5	-2,3	0,0313
Altura dominante (Cornelissen, #23) (m)	17,9	22	-2,8	0.0110
Altura máxima (HMax) (m)	19,7	24	-2,2	0.0381

*Anexo 5. Variables climáticas obtenidas en dos tipos de bosques, Bosque siempre verde montano bajo y Bosque siempre verde pie montano, dentro de la Biosfera del Macizo del Macizo del Cajas*

Variables climáticas					
Tipo de bosques	Parcela	Precipitación media anual (PMA)(Pérez Almario, #36)	Temperatura máxima mensual (TMAXM) (°C)	Temperatura mínima mensual (TMIN) (°C)	Temperatura media mensual (TMM) (°C)
Bosque montano bajo	1	64,2	19,02	8,63	13,82
Bosque montano bajo	2	60,8	22,4	12,1	17,3
Bosque montano bajo	3	60,8	21,7	11,5	16,6
Bosque montano bajo	4	60,8	21,7	11,5	16,6
Bosque montano bajo	5	60,8	22,4	12,1	17,3
Bosque montano bajo	6	60,8	22,4	12,1	17,3
Bosque montano bajo	7	60,8	22,4	12,1	17,3
Bosque montano bajo	8	64,2	19,0	8,6	13,8
Bosque montano bajo	9	64,2	19,0	8,6	13,8
Bosque montano bajo	10	64,2	19,0	8,6	13,8
Bosque pie montano	11	83,3	26,6	16,8	21,7
Bosque pie montano	12	83,3	26,6	16,8	21,7
Bosque pie montano	13	83,3	26,6	16,8	21,7
Bosque pie montano	14	83,3	26,6	16,8	21,7
Bosque pie montano	15	73,9	24,8	14,9	19,9
Bosque pie	16	84,2	28,5	18,5	23,5





<b>montano</b>					
<b>Bosque pie montano</b>	17	83,3	26,6	16,8	21,7
<b>Bosque pie montano</b>	18	83,3	26,6	16,8	21,7
<b>Bosque pie montano</b>	19	83,3	26,6	16,8	21,7
<b>Bosque pie montano</b>	20	84,2	28,5	18,5	23,51



**Anexo 6.** Variables suelo obtenidos en dos tipos de bosques; *Bosque siempre verde pie montano* y *Bosque siempre verde montano bajo*, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas

Variables suelo											
Tipo de bosque	Parcela	pH (0-15cm)	Conductividad Eléctrica (CE) (0-15cm) (dS/m)	pH (15-30cm)	Conductividad Eléctrica (CE) (15-30cm) (dS/m)	Densidad Aparente (Da) (0-15cm) (g/l)	Densidad Aparente (Da) (15-30cm) (g/l)	Materia Orgánica (MO) (0-15cm)	Materia Orgánica (MO) (15-30cm)	Nitrógeno (%)	Carbono (%)
Bosque montano bajo	1	6,9	0,07	6,8	0,11	0,8	0,8	10	11	0,3	6,6
Bosque montano bajo	2	6,2	0,07	6,4	0,1	0,8	0,9	8	7,5	0,3	6,4
Bosque montano bajo	3	6,6	0,06	6,2	0,11	0,8	0,9	11,5	12	0,3	6,3
Bosque montano bajo	4	5,7	0,1	6,6	0,2	0,8	1	16,5	5	0,5	8,6
Bosque montano bajo	5	5,6	0,07	6,7	0,15	1,1	1,05	6,5	5	0,1	4,4
Bosque montano bajo	6	5,3	0,06	6,6	0,1	0,9	0,9	8	5	0,2	4
Bosque montano bajo	7	5,4	0,08	6,6	0,1	1	1,2	5,5	4	0,1	2,9



<b>Bosque montano bajo</b>	8	4,7	0,2	5,4	0,2	0,3	0,4	25,5	17,5	0,75	9,5
<b>Bosque montano bajo</b>	9	5,1	0,08	5,7	0,1	1,05	1,1	9	3,5	0,1	3,8
<b>Bosque montano bajo</b>	10	5	0,09	6,6	0,09	0,9	0,9	15	13	0,5	6,7
<b>Bosque pie montano</b>	11	6,2	0,06	6,6	0,09	1,2	1,2	5	3	0,16	1,5
<b>Bosque pie montano</b>	12	6,1	0,08	5,9	0,1	0,8	0,9	10	5,5	0,43	3,6
<b>Bosque pie montano</b>	13	6,4	0,07	6,1	0,12	0,9	1,04	4	4	0,17	1,6
<b>Bosque pie montano</b>	14	6,45	0,08	6,28	0,1	1,1	1,1	6	3	0,25	2,2
<b>Bosque pie montano</b>	15	6,26	0,05	6,07	0,09	1,4	1,5	6	3,5	0,33	2,8
<b>Bosque pie montano</b>	16	6,4	0,05	6	0,06	0,86	0,99	10	7,5	0,35	3,4
<b>Bosque pie montano</b>	17	6,4	0,08	6,3	0,08	0,96	0,93	14	11,5	0,4	3,4
<b>Bosque pie montano</b>	18	6,2	0,06	6,09	0,13	1,2	1,1	12,5	7	0,44	3,8
<b>Bosque pie montano</b>	19	6,1	0,09	6	0,12	1,1	1,4	11	7	0,48	4,8
<b>Bosque pie montano</b>	20	6,01	0,07	6,2	0,11	1,1	1,1	3	2,5	0,17	1,2

**Anexo 7.** Resultados de los valores MLGM modelando rasgos funcionales, datos climáticos y del suelo obtenidos en dos tipos de bosques; Bosque siempre verde pie montano y Bosque siempre verde montano bajo, presentes en la Reserva de Biosfera del Macizo del Cajas.

Área Foliar Específica (mm <sup>2</sup> /g)	Estimate	SE	P
Intercept	9,9	6,7	0,1606
Pendiente	-0,1	0,04	0,0120
Precipitación media anual (PMA)(Pérez Almario, #36)	0,2	0,07	0,0042
Carbono (0-15cm) (%)	-0,7	0,4	0,0622
<b>Área Foliar (mm<sup>2</sup>)</b>			
Intercept	44970,08	12330	0,0018
Precipitación media anual (PMA) (Pérez Almario, #36)	933,75	168,7	<0,0001
<b>Grosor foliar</b>			
Intercept	-0,18	0,09	0,0684
pH (15-30cm)	0,05	0,01	0,0006
Densidad aparente (Da) (15-30cm) (g/cm <sup>3</sup> )	-0,05	0,03	0,0917
Materia orgánica (MO) (15-30cm)	-0,01	0,001	0,0148
Carbono (0-15cm) (%)	0,01	0,002	0,0005
<b>Diámetro altura del pecho (cm)</b>			
Intercept	14,2	6,2	0,0376
Pendiente (%)	0,05	0,03	0,0639
Precipitación media anual (PMA)(Pérez Almario, #36)	-0,26	0,1	0,0183
pH (0-15cm)	2,2	0,8	0,0128
Nitrógeno (0-15cm) (%)	17	6,2	0,0148
Carbono (0-15cm) (%)	-1,6	0,56	0,0148
<b>Materia seca (gg<sup>-1</sup>)</b>			
Intercept	0,54	0,13	0,00086
Precipitación media anual (PMA)(Pérez Almario, #36)	-0,003	0,001	0,12547
<b>Densidad de la madera (g/cm<sup>3</sup>)</b>			
Intercept	0,3	0,33	0,3727
Precipitación media anual (PMA)(Pérez Almario, #36)	0,01	0,01	0,0715
pH (0-15cm)	-0,1	0,04	0,0264
Nitrógeno (0-15cm) (%)	-0,98	0,34	0,0107
Carbono (0-15cm) (%)	0,07	0,03	0,0334
<b>Altura comercial (m)</b>			
Intercept	15	2,65	<0,0001
Conductividad eléctrica (CE) (0-15cm) (dS/m)	-22,4	3,8	<0,0001

pH (15-30cm)	-1,3	0,4	0,0047
<b>Altura dominante (m)</b>			
Intercept	8,7	13,5	0,53
pH (15-30cm)	3,8	2,02	0,07
Densidad aparente (Da) (15-30cm) (g/cm <sup>3</sup> )	-7,98	4,35	0,0875
Materia orgánica (MO) (15-30cm) (%)	-0,9	0,29	0,0102
Nitrógeno (0-15cm) (%)	21,6	6,7	0,0064
Carbono (0-15cm) (%)	-1,27	0,49	0,0202
<b>Altura máxima (m)</b>			
Intercept	64,7	19,07	0,0048
Precipitación media anual (PMA)(Pérez Almario, #36)	-0,6	0,27	0,0418
pH (0-15cm)	4,07	2,08	0,0727
Densidad aparente (Da) (15-30cm) (g/cm <sup>3</sup> )	-12,5	6,3	0,0685
Materia orgánica (MO) (15-30cm) (%)	-1,06	0,41	0,023
Nitrógeno (0-15cm) (%)	51,7	18,2	0,0139
Carbono (0-15cm) (%)	-4,6	1,62	0,0145
<b>Altura total (m)</b>			
Intercept	10,5	3,1	0,0043
Precipitación media anual (Pérez Almario, #36)	-0,09	0,05	0,0819
pH (0-15cm)	0,77	0,39	0,0692
Nitrógeno (0-15cm) (%)	6	3,2	0,0827
Carbono (0-15cm) (%)	-0,58	0,29	0,0623